COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 MARS 1880.

PRÉSIDENCE DE M. EDM. BECQUEREL.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTRONOMIE. — *Sur l'origine du système solaire ;* par M. Faye.

« L'hypothèse de Laplace est basée sur la préexistence d'un globe possédant toute la masse du système solaire, toute son énergie mécanique sous forme de rotation. Par l'action d'une chaleur intense, d'origine non définie, l'atmosphère de ce globe, car il lui faut une atmosphère, se sera dilatée jusqu'aux limites du monde actuel. En se refroidissant, elle aurait abandonné çà et là, dans le plan de l'équateur primitif, les matériaux des planètes. Sous cette nouvelle forme, l'énergie première subsiste intégralement ; mais, cette fois, c'est dans des circulations qu'on la retrouve presque en entier. Ainsi, par l'intervention de la chaleur et le jeu de la force centrifuge, Laplace fait naître une tout autre répartition de la masse et des mouvements, qui répond jusqu'à un certain point à ce que nous voyons. Mais cette intervention de la chaleur est elle-même une pure hypothèse ; pour la justifier, on a dû supposer, avec Poisson, qu'il y a dans l'univers des plages à températures très différentes et que le globe primitif avait passé, en vertu de son mouvement de translation, dans une des plus chaudes.

» L'observation nous conduit pourtant à d'autres idées. Les nébuleuses,

densation progressive, en sorte que, abstraction faite d'une foule de mouvements partiels, la densité de la nébuleuse cesse d'être uniforme et finit par aller en croissant régulièrement de la surface au centre.

» Adoptons un moment la loi des densités employée dans la Note précédente, c'est-à-dire, pour la distance r,

$$D\left(1-\beta\sqrt[n]{\frac{r}{R}}\right);$$

la pesanteur dans la même région aura pour expression

$$4\pi f D\left(\frac{1}{3}r-\frac{n\beta}{1+3n}\sqrt[n]{\frac{r}{R}}\,r\right)\ (^1)$$

et le carré de la vitesse linéaire du mouvement circulaire

$$4\pi f D\left(\frac{1}{3}r^2-\frac{n\beta}{1+3n}\sqrt[n]{\frac{r}{R}}\,r^2\right).$$

Cette vitesse va donc en croissant jusqu'à

$$r=R\left(\frac{2}{3\beta}\,\frac{1+3n}{1+2n}\right)^n$$

et décroît à partir de là jusqu'au centre. Ainsi la nébuleuse, pendant toute la période de concentration, est divisée en deux régions bien différentes : 1° l'extérieure, où les anneaux, en donnant naissance à des planètes, imprimeront à celles-ci une rotation rétrograde, comme celle d'Uranus ou de Neptune; 2° l'intérieure, où les planètes auront toutes une rotation directe, comme Saturne, Jupiter, etc. C'est le phénomène singulier que notre monde présente et contre lequel vient se buter l'hypothèse de Laplace. Il se trouve ainsi rattaché au simple accroissement de densité du bord au centre de la nébuleuse. Sans doute les choses pourraient se passer autrement; si les anneaux avaient une masse prépondérante, ils attireraient à eux tous les

---

(1) On ramène à cette forme le cas particulier que Legendre a examiné dans son *Traité des fonctions elliptiques* et que M. Gyldén a repris tout récemment en considération dans un beau Mémoire où, chose curieuse, il exprime l'idée que ses recherches analytiques à ce sujet pourraient bien plus tard contribuer à l'étude de l'univers stellaire. Je veux parler de l'expression $\mu(r^{-2}+\mu' r)$ pour la loi de la pesanteur. Si l'on fait $\mu=\frac{4}{3}\pi f D r^3$, c'est-à-dire si l'on traite μ comme une fonction de la variable r, ainsi que j'ai dû le faire, cette expression devient $\frac{4}{3}\pi f D(r+\mu' r^4)$, et on la reproduit en faisant $n=\frac{1}{3}$ dans la formule du texte. Mais, pour traiter complètement ces questions, il faudrait, en outre, considérer D comme une fonction du temps.

matériaux et finiraient par vider les régions centrales, comme dans la nébuleuse de la Lyre.

» Le système ainsi formé n'est nullement définitif; il occupe d'abord un espace bien plus grand que notre monde actuel; mais, dans la suite des temps, la condensation centrale progresse toujours, non par refroidissement, bien entendu, mais par l'appel continu de la gravité. Les orbites planétaires étaient d'abord plongées dans la masse diffuse et rare de la nébuleuse. Peu à peu cette masse quitte les régions extérieures aux orbites et va se concentrer à l'intérieur, vers le centre de ces mêmes orbites. Les aires décrites en un temps donné dans ces circulations ne changeront pas pour cela, mais les anneaux ou les planètes se rapprocheront peu à peu du centre, et leur vitesse ira en s'accélérant, conformément à la théorie que Laplace a donnée au quatrième Volume de la *Mécanique céleste,* pour le cas inverse où la masse centrale irait en diminuant. Ici, il ne s'agit pas de minces effets; mais aussi c'est la masse presque entière de la nébuleuse, à $\frac{1}{700}$ près, qui marche ainsi dans l'espace, d'orbite en orbite, pour se réunir au centre. A cela s'ajoute une autre cause qui agit exactement de la même manière, à savoir la résistance des matériaux qui traversent incessamment l'espace en tombant à peu près directement vers le Soleil et de presque tous les côtés. Il est d'ailleurs évident que cette double et continuelle contraction des orbites s'opérera sans altérer en rien le sens de la rotation des planètes ni le sens de la circulation de leurs satellites.

» Quant aux distances des planètes au Soleil ou des satellites à leur planète, rien n'empêche qu'elles se trouvent aujourd'hui hors des limites posées par Laplace; il n'est plus question, en effet, de faire intervenir ici le jeu de la force centrifuge pour produire les uns aux dépens des autres.

» Nous avons supposé que le Soleil absorbait *tout* ce qui n'était pas engagé dans la circulation des anneaux voisins de l'équateur primitif. Il n'en saurait être tout à fait ainsi. Une partie des nébulosités superficielles, surtout vers les pôles, animées d'impulsions latérales très faibles par diverses causes et décrivant autour du centre des ellipses très allongées, auront pu traverser les régions centrales sans s'y arrêter. Échappées à l'agglomération où s'est formé plus tard le Soleil, elles ont pourtant subi son action à plusieurs reprises et auront continué à décrire des trajectoires allongées, variables de forme et de position, dont le terme final sera une ellipse ayant son foyer là où l'ellipse primitive avait son centre. Sans doute se présente ici la difficulté du rétrécissement si rapide qu'ont subi

les orbites circulaires; mais, comme ces parcelles se meuvent dans des ellipses allongées, atteignant ou même dépassant les limites de la nébuleuse, elles ont dû échapper presque complètement à cet effet, puisqu'une partie de leurs orbites se trouvaient, dès l'origine, en dehors de la région où la masse se déplace. La durée de la révolution a dû rester très considérable et se compter par milliers d'années, comme dans les premiers temps. Quant au sens du mouvement, il sera indifféremment direct ou rétrograde; l'inclinaison des plans des orbites sur l'équateur primitif sera quelconque; en un mot, ce sera le monde des comètes, qui appartient si visiblement au système solaire, bien que l'hypothèse de Laplace soit forcée de les en exclure.

» Quoi qu'il en soit de ce point délicat, notre système est devenu stable à partir du moment où la partie de la nébuleuse non-engagée dans les planètes s'est entièrement absorbée dans le Soleil. Le vide a été fait partout, comme autour des étoiles simples ou doubles que l'on voit sur un ciel noir. Il reste à dépenser l'énergie transformée en chaleur; mais celle qui a conservé la forme de mouvement restera.

» Cette conservation n'est pourtant pas absolue. Les attractions provoquent dans tous ces corps des tiraillements internes qui produisent un peu de chaleur. Les masses cométaires, en passant près du Soleil, se décomposent en traînées nébuleuses comme par un retour à leur origine; celles-ci vont choquer des planètes et y engendrent de la lumière et de la chaleur. Ainsi s'efface peu à peu une partie de la provision d'énergie mécanique, mais ce n'est plus qu'une faible image du passé.

» Il resterait à revenir sur le point de départ, cette mystérieuse dissémination de la matière obscure qui renferme en puissance tant de merveilles; mais ce doit être là le terme infranchissable que l'on rencontre dans toutes les questions d'origine. Toutefois la possibilité n'est pas à nier : la force répulsive du Soleil, que j'ai attribuée à l'action des surfaces incandescentes et où d'autres astronomes voient le jeu des forces électriques, produit *sous nos yeux*, dans la matière déjà si divisée des comètes, mais en miniature, une dissémination toute pareille.

» Je demande pour ce rapide exposé l'indulgence de l'Académie, car je sens combien il est loin de l'incomparable précision qu'on admire dans l'hypothèse de Laplace. Depuis que celle-ci a été formulée, les deux Herschel, avec leurs puissants télescopes, les astronomes américains, avec leurs gigantesques lunettes, nous ont appris à mieux lire dans le ciel; l'analyse spectrale et la Thermodynamique ont été créées; enfin Laplace n'a

pas connu des conditions nouvelles que l'observation vient de nous révéler jusque dans ces derniers temps : j'ai cru que le moment était venu d'essayer de faire entrer tout cela en ligne de compte. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques applications des fonctions elliptiques*. Note de M. HERMITE.

« Considérons, pour obtenir la valeur de $x+iy$, l'expression $\frac{\zeta'+i(\gamma\zeta+\alpha)}{2(\zeta-\delta)}$, qui en représente la dérivée logarithmique. C'est une fonction doublement périodique de la variable u, ayant pour pôles, d'une part $u=i\mathrm{K}'$ et de l'autre les racines de l'équation $\zeta-\delta=0$. Mais des deux solutions $u=\pm\omega$ qu'on en tire, une seule est en effet un pôle, comme le montre la relation $\zeta'^2+(\gamma\zeta+\alpha)^2=2\beta(\zeta-\delta)(1-\zeta^2)$, d'où l'on déduit

$$\zeta'=\pm i(\gamma\delta+\alpha),$$

en faisant $\zeta=\delta$. Il en résulte que, si nous prenons pour $u=\omega$ la valeur $\zeta'=+i(\gamma\delta+\alpha)$, on aura $\zeta'=-i(\gamma\delta+\alpha)$ pour $u=-\omega$, la dérivée changeant de signe avec la variable. En même temps on voit que le résidu de la fonction qui correspond au pôle $u=\omega$ est $+n$; le résidu relatif à l'autre pôle $u=i\mathrm{K}'$ est donc $-n$ et, par la décomposition en éléments simples, nous obtenons

$$\frac{\zeta'+i(\gamma\zeta+\alpha)}{2(\zeta-\delta)}=\frac{1}{n}\left[\lambda-\frac{\Theta'(u)}{\Theta(u)}+\frac{\mathrm{H}'(u-\omega)}{\mathrm{H}(u-\omega)}\right].$$

La constante λ se détermine en supposant $u=0$ ou $\zeta=a$, ce qui donne immédiatement

$$\lambda=\frac{in(a\gamma+\alpha)}{a-\delta}+\frac{\mathrm{H}'(\omega)}{\mathrm{H}(\omega)},$$

et l'expression cherchée se conclut de la relation

$$\mathrm{D}_s\log(x+iy)=\frac{1}{n}\mathrm{D}_u\log(x+iy)=\frac{1}{n}\left[\lambda-\frac{\Theta'(u)}{\Theta(u)}+\frac{\mathrm{H}'(u-\omega)}{\mathrm{H}(u-\omega)}\right]$$

au moyen d'une fonction doublement périodique de seconde espèce :

$$x+iy=(x_0+iy_0)\frac{\Theta(0)\mathrm{H}(\omega-u)e^{\lambda u}}{\Theta(u)\mathrm{H}(\omega)}.$$

Dans cette formule, x_0 et y_0 désignent les valeurs que prennent x et y pour

$u=0$; elles sont liées par l'équation

$$\beta(x_0^2+y_0^2)=2(a-\delta)$$

et ne contiennent, par conséquent, qu'une seule indéterminée. En y joignant les constantes z_0, s_0 et δ, on a donc quatre quantités arbitraires dans l'expression générale des coordonnées de l'élastique. A l'égard de δ, nous avons vu que sa valeur doit rester comprise entre b et c; de là résulte que $\operatorname{sn}^2\omega$, déterminé par la formule $\operatorname{sn}^2\omega=\frac{a-\delta}{a-b}$, a pour limites 1 et $\frac{1}{k^2}$. On peut écrire par suite $\omega=K+i\upsilon$, υ étant réel, et poser

$$x+iy=(x_0+iy_0)\frac{\Theta(0)H_1(i\upsilon-u)e^{\lambda u}}{\Theta(u)H_1(i\upsilon)}.$$

Changeons i en $-i$, ce qui change λ en $-\lambda$, on aura

$$x-iy=(x_0-iy_0)\frac{\Theta(0)H_1(i\upsilon+u)e^{-\lambda u}}{\Theta(u)H_1(i\upsilon)},$$

et ces relations, jointes à celle qui a été précédemment obtenue, à savoir :

$$n(z-z_0)=\left[a-(a-c)\frac{J}{K}\right]u+(a-c)\frac{\Theta'(u)}{\Theta(u)},$$

donnent la solution complète de la question proposée.

» XXVI. Les expressions des rayons de courbure et de torsion, R et r, se calculent facilement, sans qu'il soit besoin d'employer les valeurs des coordonnées, et comme conséquence immédiate des équations différentielles

$$\begin{aligned}y'z''-y''z'&=\alpha x'+\beta y,\\ z'x''-z''x'&=\alpha y'-\beta x,\\ x'y''-x''y'&=\alpha z'+\gamma.\end{aligned}$$

» On trouve, en effet, après les réductions qui s'offrent d'elles-mêmes,

$$\begin{aligned}\frac{1}{R^2}&=(\alpha x'+\beta y)^2+(\alpha y'-\beta x)^2+(\alpha z'+\gamma)^2\\ &=2\beta(\zeta-\delta)+\gamma^2-\alpha^2=2\beta[a-\delta-(a-b)\operatorname{sn}^2u]+\gamma^2-\alpha^2,\end{aligned}$$

puis

$$\begin{vmatrix}x' & x'' & x'''\\ y' & y'' & y'''\\ z' & z'' & z'''\end{vmatrix}=\alpha\beta(\zeta-\delta)-\beta(\alpha\delta+\gamma)+\alpha(\gamma^2-\alpha^2),$$

et, par conséquent,

$$\frac{1}{r}=\frac{\alpha\beta(\zeta-\delta)-\beta(\alpha\delta+\gamma)+\alpha(\gamma^2-\alpha^2)}{2\beta(\zeta-\delta)+\gamma^2-\alpha^2}.$$

Cette expression du rayon de torsion conduit naturellement à envisager le cas particulier où elle devient indépendante de ζ et a la valeur constante $r=\frac{2}{\alpha}\cdot$ La condition à remplir à cet effet étant

$$2\beta(\alpha\delta+\gamma)-\alpha(\gamma^2-\alpha^2)=0,$$

je remarque que, en remplaçant l'indéterminée ζ par $-\frac{\gamma}{\alpha}$, dans l'égalité

$$2\beta(\zeta-\delta)(1-\zeta^2)-(\gamma\zeta+\alpha)^2=-2\beta(\zeta-a)(\zeta-b)(\zeta-c),$$

le résultat peut s'écrire ainsi :

$$(\gamma^2-\alpha^2)[2\beta(\alpha\delta+\gamma)-\alpha(\gamma^2-\alpha^2)]=2\beta(\gamma+a\alpha)(\gamma+b\alpha)(\gamma+c\alpha),$$

par où l'on voit que l'une des racines a, b, c est alors égale à $-\frac{\gamma}{\alpha}\cdot$ Mais notre condition donne

$$\delta+\frac{\alpha^2-\gamma^2}{2\beta}=-\frac{\gamma}{\alpha};$$

ainsi l'on doit poser

$$\delta+\frac{\alpha^2-\gamma^2}{2\beta}=a, b \text{ ou } c,$$

et voici la conséquence remarquable qui résulte de là. Nous avons trouvé tout à l'heure

$$\frac{1}{R^2}=2\beta[a-\delta-(a-b)\,\mathrm{sn}^2 u]+\gamma^2-\alpha^2,$$

ou plutôt

$$\frac{1}{R^2}=2\beta\left(a-\delta-\frac{\alpha^2-\gamma^2}{2\beta}\right)-2\beta(a-b)\,\mathrm{sn}^2 u;$$

or cette expression montre que le premier cas, où l'on suppose

$$\delta+\frac{\alpha^2-\gamma^2}{2\beta}=a,$$

doit être rejeté, comme conduisant à une valeur négative pour R^2. Mais les deux autres peuvent avoir lieu et donnent successivement, en employant la valeur du module $k^2=\frac{a-b}{a-c}$,

$$\frac{1}{R^2}=2\beta(a-b)\,\mathrm{cn}^2 u,$$

$$\frac{1}{R^2}=2\beta(a-c)\,\mathrm{dn}^2 u.$$

» Le rayon de courbure devient donc, comme les coordonnées elles-mêmes, une fonction uniforme de l'arc, en même temps que le rayon de torsion prend une valeur constante. Ces circonstances remarquables me semblent appeler l'attention sur la courbe qui les présente, mais ce serait trop m'étendre d'essayer d'en suivre les conséquences et je reviens à mon objet principal, en donnant une dernière remarque sur la formation des équations linéaires d'ordre quelconque dont les intégrales sont des fonctions doublement périodiques de seconde espèce, unipolaires ([1]).

» XXVII. Soit, comme au § XXII (p. 108), $f(u) = \frac{H'(0)\,\Theta(u+\omega)}{H(u)\,\Theta(\omega)} e^{\left[\lambda - \frac{\Theta'\omega}{\Theta\omega}\right]u}$; désignons par $f_i(u)$ ce que devient cette fonction quand on y remplace les quantités ω, λ par ω_i, λ_i, nommons enfin μ_i et μ'_i ses multiplicateurs. Si l'on pose

$$y = C_1 f_1(u) + C_2 f_2(u) + \ldots + C_n f_n(u),$$

l'équation différentielle linéaire d'ordre n, admettant cette expression analytique pour intégrale, se présente sous la forme suivante :

$$\begin{vmatrix} y & f_1(u) & f_2(u) & \ldots & f_n(u) \\ y' & f'_1(u) & f'_2(u) & \ldots & f'_n(u) \\ \ldots & \ldots & \ldots & \ldots & \ldots \\ y^n & f^n_1(u) & f^n_2(u) & \ldots & f^n_n(u) \end{vmatrix} = 0.$$

» D'après cela, j'observe que, le déterminant étant mis sous la forme

$$\Phi_0(u) y^n + \Phi_1(u) y^{n-1} + \ldots + \Phi_n(u) y,$$

les coefficients $\Phi_i(u)$ sont des fonctions de seconde espèce, aux multiplicateurs $\mu_1 \mu_2 \ldots \mu_n$, $\mu'_1 \mu'_2 \ldots \mu'_n$, ayant le pôle $u = 0$, avec l'ordre de multiplicité $n+1$, sauf le premier $\Phi_0(u)$, où l'ordre de multiplicité est n. C'est ce que l'on voit immédiatement en retranchant la seconde colonne du déterminant de celles qui suivent, attendu que les différences $f_2(u) - f_1(u)$, $f_3(u) - f_1(u)$, ..., ainsi que leurs dérivées, ne sont plus infinies pour $u = 0$. Nous pouvons donc poser, comme je l'ai fait voir ailleurs (*Sur l'intégration de l'équation différentielle de Lamé*, dans le *Journal de M. Borchardt*,

---

([1]) Notre éminent confrère, M. de Saint-Venant, a donné un travail important sur les flexions considérables des verges élastiques dans le *Journal de Mathématiques* de M. Liouville (t. IX, 1844), auquel je dois renvoyer; je citerai aussi, sur la même question, un Mémoire récemment publié par M. Adolph Steen, sous le titre : *Der elastike Kurve, og dens anvendelse i böjningstheorien*. Copenhague, 1879.

t. LXXXIX, p. 10),

$$\Phi_0(u) = \frac{G_0 H(u-a_1) H(u-a_2) \ldots H(u-a_n) e^{g_0 u}}{H^n(u)},$$

les quantités G_0, g_0, a_i étant des constantes, puis d'une manière semblable, pour les coefficients suivants :

$$\Phi_i(u) = \frac{G_i H(u-a_1^i) H(u-a_2^i) \ldots H(u-a_{n+1}^i) e^{g_i u}}{H^{n+1}(u)}.$$

Il en résulte qu'en décomposant en éléments simples les quotients $\frac{\Phi_i(u)}{\Phi_0(u)}$, qui sont des fonctions doublement périodiques de première espèce, on aura

$$\frac{\Phi_i(u)}{\Phi_0(u)} = \text{const.} + \frac{A_1 H'(u-a_1)}{H(u-a_1)} + \frac{A_2 H'(u-a_2)}{H(u-a_2)} + \ldots + \frac{A_n H'(u-a_n)}{H(u-a_n)} + \frac{A_0 H'(u)}{H(u)},$$

avec la condition

$$A_0 = -(A_1 + A_2 + \ldots + A_n).$$

C'est donc la généralisation du résultat trouvé au § XXI (p. 106) pour les équations du second ordre, et il est clair qu'on peut encore écrire

$$\frac{\Phi_i(u)}{\Phi_0(a)} = \text{const.} + \frac{A_1 \operatorname{sn} a_1}{\operatorname{sn} u \operatorname{sn}(u-a_1)} + \frac{A_2 \operatorname{sn} a_2}{\operatorname{sn} u \operatorname{sn}(u-a_2)} + \cdots + \frac{A_n \operatorname{sn} a_n}{\operatorname{sn} u \operatorname{sn}(u-a_n)}.$$

» La détermination des constantes $A_1, A_2, \ldots$, qui entrent dans ces expressions des coefficients de l'équation linéaire, par la condition que les solutions soient des fonctions uniformes, est une question difficile et importante, que je n'ai pas abordée au delà du cas le plus simple de $n = 2$; je me borne à donner la forme analytique générale de ces coefficients et à observer que, chacune des fonctions $f_i(u)$ contenant deux arbitraires, l'équation différentielle en renferme en tout $2n$. Les remarques que j'ai à présenter ont un autre objet, comme on va le voir. Je me suis attaché à cette circonstance que présente l'équation de Lamé, $y'' = (2k^2 \operatorname{sn}^2 u + h)y$, de ne contenir aucun point à apparence singulière; elle m'a paru donner l'indication d'un type spécial, à distinguer et à caractériser, de manière qu'on ait ses analogues, si je puis dire, pour un ordre quelconque. Introduisons donc la condition $\Phi_0(u) = \text{const.}$ pour amener la disparition des points à apparence singulière $u = a_1, a_2, \ldots, a_n$, et posons, à cet effet, les $n+1$ conditions

$$a_1 = 0, \quad a_2 = 0, \quad \ldots, \quad a_n = 0, \quad g_0 = 0.$$

» J'observerai, en premier lieu, que, dans ce type particulier d'équations, le nombre des arbitraires se trouve réduit à $2n - (n+1)$, c'est-à-dire à $n-1$. Je remarque ensuite que, les fonctions $\Phi_i(u)$ ayant toutes les mêmes multiplicateurs, ces multiplicateurs seront nécessairement l'unité, puisque l'une d'elles, $\Phi_0(u)$, est une constante. C'est dire qu'elles deviennent des fonctions doublement périodiques de première espèce, ayant pour pôle unique $u=0$, avec l'ordre de multiplicité maximum $n+1$. Nous avons, par conséquent, l'expression

$$\Phi_i(u) = a + b\frac{1}{\operatorname{sn}^2 u} + c\,D_u\frac{1}{\operatorname{sn}^2 u} + \ldots + h\,D_u^{n-1}\frac{1}{\operatorname{sn}^2 u},$$

que la considération suivante va nous permettre encore de simplifier.

» Et, d'abord, il résulte des expressions de $\Phi_0(u)$ et $\Phi_1(u)$, sous forme de déterminants, qu'on a, en général,

$$\Phi_1(u) = -D_u\Phi_0(u).$$

La condition $\Phi_0(u) = \text{const.}$ donne donc

$$\Phi_1(u) = 0,$$

et l'on voit que l'équation d'ordre n, analogue à celle de Lamé, a la forme

$$y^n + \Phi_2(u)y^{n-2} + \ldots + \Phi_n(u)y = 0.$$

» Je ferai maintenant un nouveau pas en appliquant l'un des beaux théorèmes donnés par M. Fuchs, à savoir que le point singulier effectif $u=0$ doit être, dans le coefficient $\Phi_i(u)$, un pôle dont l'ordre de multiplicité ne dépasse pas i, pour que l'intégrale de l'équation différentielle soit une fonction uniforme de la variable. On a, en conséquence, les expressions suivantes des coefficients, en remplaçant u par $u+iK'$, afin de nous rapprocher autant que possible de l'équation de Lamé :

$$\begin{aligned}
\Phi_2(u) &= \alpha_0 + \alpha_1\operatorname{sn}^2 u,\\
\Phi_3(u) &= \beta_0 + \beta_1\operatorname{sn}^2 u + \beta_2 D_u\operatorname{sn}^2 u,\\
\Phi_4(u) &= \gamma_0 + \gamma_1\operatorname{sn}^2 u + \gamma_2 D_u\operatorname{sn}^2 u + \gamma_3 D_u^2\operatorname{sn}^2 u,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}$$

» La question de déterminer les constantes $\alpha_0, \alpha_1, \ldots$, de manière à réaliser complètement la condition que l'intégrale soit une fonction uniforme, offre, comme on le voit, beaucoup d'intérêt. Elle a fait le sujet des recherches d'un jeune géomètre du talent le plus distingué, M. Mittag-

Leffler, professeur à l'Université d'Helsingfors, et je vais exposer les résultats auxquels il est parvenu. »

MÉCANIQUE. — *De la compensation des températures dans les chronomètres.* Note de M. **Phillips** (¹).

« Revenons maintenant au troisième terme du second membre de l'équation (21), lequel, ainsi que nous l'avons dit, entre dans l'erreur secondaire pour une part égale, en grandeur et en signe, à

$$-\mathrm{N}\frac{\delta''-\delta'}{\gamma''-\gamma'}\theta_1^2\times 86400$$

par vingt-quatre heures, le signe — correspondant à une avance et le signe + à un retard.

» Afin de juger de l'importance de ce terme dans les différents cas, nous avons, en prenant la valeur ci-dessus de N relative à un spiral d'acier et les coefficients de dilatation déterminés par M. Fizeau, calculé le Tableau suivant pour diverses combinaisons de métaux pouvant former les lames bimétalliques :

Tableau I.

Métaux associés.	Valeurs de $\frac{\delta''-\delta'}{\gamma''-\gamma'}$.	Valeurs, pour $\theta_1=\pm 15°$, de $-\mathrm{N}\frac{\delta''-\delta'}{\gamma''-\gamma'}\theta_1^2\times 86400$.
Acier recuit et laiton...........	+ 0,00047	— 0,952
» or..............	— 0,00059	+ 1,195
» argent...........	+ 0,00015	— 0,304
» zinc.............	— 0,00069	+ 1,398
» aluminium.......	+ 0,00044	— 0,891
Acier trempé (²) et laiton.......	— 0,00190	+ 3,847
» or..........	— 0,01300	+26,935
» argent.......	— 0,00210	+ 4,252
» zinc.........	— 0,00170	+ 3,443
» aluminium...	— 0,00085	+ 1,721

(¹) Voir *Comptes rendus*, séances des 8 et 15 mars 1880.

(²) En raison de la très grande difficulté des expériences relatives à l'acier trempé, M. Fizeau considère les coefficients de dilatation qu'il a déterminés pour cette substance comme douteux. On sait, du reste, que M. Fizeau a eu soin de marquer d'un astérisque, dans ses Tables, les cofficients lui paraissant les plus dignes de confiance.

Métaux associés.	Valeurs de $\frac{\delta''-\delta'}{\gamma''-\gamma'}$.	Valeurs, pour $\theta_1 = \pm 15°$, de $-N\frac{\delta''-\delta'}{\gamma''-\gamma'}\theta_1^2 \times 86400$.
		s
Palladium et laiton	+ 0,00047	− 0,952
» or	− 0,00090	+ 1,823
» argent	+ 0,00008	− 0,162
» zinc	− 0,00075	+ 1,519
» aluminium	+ 0,00043	− 0,870
Platine et laiton	+ 0,00047	− 0,952
» or	− 0,00020	+ 0,405
» argent	+ 0,00021	− 0,425
» zinc	− 0,00116	+ 2,344
» aluminium	+ 0,00044	− 0,891
Nickel ou cobalt et laiton	+ 0,00096	− 1,944
» or	+ 0,00011	− 0,223
» argent	+ 0,00051	− 1,033
» zinc	− 0,00062	+ 1,256
» aluminium	+ 0,00073	− 1,479
Or et aluminium	+ 0,00084	− 1,701

» Passons maintenant au deuxième terme entre parenthèses du second membre de l'équation (21), lequel dépend essentiellement du spiral et entre dans l'erreur secondaire pour une part, toujours en avance, égale à $N^2\theta_1^2 \times 86400$ par vingt-quatre heures. En supposant $N = \frac{9}{86400}$ pour un spiral d'acier et $\theta_1 = \pm 15°$, on trouve que cette part est égale, dans ce cas, à $0^s,211$.

» Enfin, le premier terme entre parenthèses du second membre de l'équation (21) dépend essentiellement du spiral et entre dans l'erreur secondaire pour une part égale à $N'\theta_1^2 \times 86400$ par vingt-quatre heures. Si l'on admettait, pour un spiral d'acier, la valeur de N′ indiquée plus haut, cette part correspondrait, comme on l'a vu, pour un pareil spiral, à un retard de 2 à 3 secondes par vingt-quatre heures. Mais des expériences plus précises nous paraîtraient nécessaires pour déterminer N′.

» Nous croyons, d'après ce qui précède, qu'*en dehors de la forme et des dimensions du balancier deux éléments principaux, savoir : 1° le spiral et surtout sa nature, et 2° la nature des métaux qui, associés, forment les lames bimétalliques, exercent une influence très notable sur l'erreur secondaire*. Nous pensons donc que, afin de réduire celle-ci le plus possible, il serait utile que les constructeurs essayent, au point de vue de la compensation et pour chaque type de balancier, les diverses substances métal-

liques pouvant former d'une part les spiraux et d'autre part les lames bimétalliques. Outre l'acier, on pourrait tenter, pour les spiraux, l'alliage de palladium, dont des spiraux, fabriqués à Genève, figuraient à l'Exposition universelle de 1878, le bronze d'aluminium, le nickel, le cobalt, le maillechort, etc. On pourrait essayer, pour les lames bimétalliques, entre autres, les diverses substances métalliques comprises dans le Tableau I, en se guidant d'après les nombres de la troisième colonne et en observant que tous ces nombres changent dans un même rapport avec le spiral.

» Nous avons supposé dans ce qui précède que le spiral reste isochrone malgré les changements de température. Pour cela il est une précaution utile à prendre, que j'ai indiquée dans mon Mémoire sur le spiral réglant (*Annales des Mines*, 1861) et que M. Yvon Villarceau a aussi établie à un autre point de vue : elle consiste à relier le spiral à l'axe par une pièce du même métal que lui-même.

» Rappelons, en outre, que tout ce qui précède suppose expressément que, pour chaque lame bimétallique, les épaisseurs des deux lames partielles sont en raison inverse des racines carrées des coefficients d'élasticité correspondants. A ce sujet, il nous a paru utile de résumer, dans le Tableau suivant, les coefficients d'élasticité des principaux corps métalliques, susceptibles d'être employés pour balancier ou pour spiral, tels que nous les avons déterminés d'après les formules de la théorie du spiral réglant (*Annales des Mines*, t. XV, 1869) :

TABLEAU II.

Substances.	Coefficients d'élasticité.
Acier	$20,5 \times 10^9$
Palladium	$14,4 \times 10^9$
Alliage de palladium de Genève [1]	$13,8 \times 10^9$
Platine	$19,1 \times 10^9$
Nickel	$23,2 \times 10^9$
Cobalt	$21,6 \times 10^9$
Laiton	$11,4 \times 10^9$
Or	$8,4 \times 10^9$
Argent	$7,5 \times 10^9$
Zinc	$9,7 \times 10^9$
Aluminium	$7,8 \times 10^9$
Bronze d'aluminium	$13,6 \times 10^9$

[1] Ce coefficient a été déterminé, au moyen des formules de la théorie du spiral réglant, par M. Grossmann, directeur de l'École d'horlogerie du Locle.

» A l'appui de la théorie précédente, je citerai quelques faits. Vers la fin de 1878, j'eus l'occasion de dire à M. Ekegrén, l'habile constructeur de chronomètres de Genève, l'influence que doit exercer sur l'erreur secondaire la nature des métaux employés pour les spiraux et pour les lames bimétalliques. Je lui dis aussi qu'il serait possible que les nouveaux spiraux en alliage de palladium, qui avaient figuré à l'Exposition universelle de cette année et qui étaient recommandés de préférence à ceux d'acier, au double point de vue de leur résistance à l'oxydation et à l'état magnétique, eussent en outre l'avantage de réduire l'erreur secondaire de la compensation. L'attention ayant été portée sur ce point, des observations suivies ont eu lieu, et j'ai reçu en novembre dernier, de M. Ekegrén, un état de seize chronomètres, munis de spiraux en alliage de palladium, ayant obtenu des bulletins de première classe à l'Observatoire de Genève et dont le résultat moyen était un *retard* de $0^s,39$ par vingt-quatre heures, aux températures extrêmes, par rapport à la marche à la température moyenne. En même temps, je recevais de M. Ekegrén un autre état de vingt-quatre chronomètres munis de spiraux d'acier et ayant été soumis aux mêmes épreuves, à peu près aux mêmes époques et dans les mêmes conditions de température. Pour ces derniers, le résultat moyen était un *retard* de $1^s,38$ par vingt-quatre heures, aux températures extrêmes, par rapport à la marche à la température moyenne.

» Je citerai encore, à ce sujet, les résultats obtenus dans ces derniers temps par M. Th. Leroy aux Concours du Dépôt de la Marine. Ses chronomètres n°s 493 et 495, munis chacun d'un spiral en alliage de palladium, ont été classés premiers à deux des Concours de 1879, et le n° 495 a obtenu la prime de cette année. Le résumé des résultats relatifs à la compensation a été le suivant :

» Pour le n° 493, l'écart maximum a été un *retard* de $1^s,14$, au chaud, sur la marche à la température moyenne, et l'écart moyen a été un *retard* de $0^s,18$, aux températures extrêmes, par rapport à la marche à la température moyenne.

» Pour le n° 495, l'écart maximum a été une *avance* de $0^s,81$, au froid, sur la marche à la température moyenne, et l'écart moyen a été une *avance* de $0^s,25$, aux températures extrêmes, par rapport à la marche à la température moyenne.

» Enfin, je citerai encore les résultats obtenus dernièrement par M. Callier, mon collaborateur dans les expériences que nous poursuivons sur ces questions.

» Son chronomètre n° 701, muni d'un spiral en alliage de palladium, lui a donné les résultats suivants :

» L'écart maximum a été une *avance* de $0^s,9$ au chaud sur la marche à la température moyenne, et l'écart moyen a été une *avance* de $0^s,6$ aux températures extrêmes sur la marche à la température moyenne.

» Son chronomètre n° 580, muni d'un spiral en bronze d'aluminium, lui a donné les résultats suivants :

» L'écart maximum a été un *retard* de $0^s,7$ au chaud sur la marche à la température moyenne, et l'écart moyen a été un *retard* de $0^s,2$ aux températures extrêmes sur la marche à la température moyenne.

» Enfin, son chronomètre n° 606 (1), muni d'un spiral d'acier, mais d'un balancier à lames bimétalliques de palladium et de laiton associés, lui a donné les résultats suivants :

» L'écart maximum a été une *avance* de $1^s,1$ au chaud sur la marche à la température moyenne, et l'écart moyen a été une *avance* de 1^s aux températures extrêmes sur la marche à la température moyenne.

» Il est nécessaire de faire quelques réserves au sujet de ce dernier chronomètre, qui éprouve quelquefois, sans cause appréciable, certaines irrégularités de marche, qui sont peut-être dues à un défaut d'homogénéité du palladium ou à quelques pailles qui paraissent y exister. Les résultats ci-dessus se rapportent d'ailleurs à des périodes de marche régulières. Il est évident, du reste, qu'il faut, dans chaque cas, un nombre suffisant d'expériences pour être fixé sur l'avantage de tel métal pour spiral ou de telle combinaison de métaux pour lame bimétallique. Mais, dès à présent, il m'a paru intéressant de faire connaître les résultats des premiers essais tentés dans une voie nouvelle.

» C'est grâce à l'obligeance de M. Sainte-Claire Deville que nous avons pu nous procurer tous les corps métalliques destinés à nos expériences. Je tiens à lui en témoigner tous mes remercîments. »

CHIMIE. — *Sur le tritoxyde d'argent*; par M. **Berthelot**.

« 1. On sait que l'électrolyse de l'azotate d'argent donne naissance à un composé particulier, observé d'abord par Ritter (1804), puis par Grotthus,

(1) Le chronomètre n° 606 de M. Callier a un balancier de son système, à lames bimétalliques rectilignes.

et qui a été l'objet des études de divers chimistes et physiciens. Regardé à l'origine comme un simple bioxyde d'argent, il contient aussi les éléments de l'acide azotique, reconnus depuis. C'est ce composé que j'ai soumis à un nouvel examen, dans le cours de mes recherches sur l'action réciproque de l'eau oxygénée et de l'oxyde d'argent; le peroxyde dont il dérive jouant un rôle essentiel dans cette réaction.

» 2. Je l'ai préparé au moyen d'une pile de 4 éléments Bunsen, agissant sur l'azotate d'argent dissous dans 10 parties d'eau, les liquides des deux pôles étant réparés au moyen d'un vase poreux. Dans l'espace de vingt-quatre heures, j'ai obtenu plusieurs grammes du composé. Je l'ai agité un instant avec de l'eau pure, pour le priver d'eau mère, puis séché très rapidement sur du papier buvard, par simple contact et sans pression.

» 3. Le composé se présente sous la forme de grosses aiguilles noires, lamelleuses, épaisses, striées, brillant d'un aspect métallique. Mais les cristaux du composé argentique ne subsistent sous cette forme que pendant peu de temps. Le corps, abandonné à lui-même, soit à l'état pur, soit au sein de la liqueur où il s'est formé, ne tarde pas à se décomposer. Les grosses aiguilles primitives tombent en morceaux, suivant certains clivages, en perdant leur éclat; puis ces morceaux se réduisent, d'eux-mêmes et peu à peu, en une poudre noire et amorphe. Cette transformation s'opère avec dégagement d'oxygène; elle a lieu même à froid, le corps étant à l'état de décomposition continue. Elle s'accélère avec l'élévation de la température et elle devient explosive un peu au-dessus de 100°. Les lavages la précipitent également, l'eau enlevant peu à peu de l'azotate d'argent.

» 4. Voici une expérience exécutée sur $1^{gr},089$ de matière. Celle-ci était contenue dans un petit tube, rempli au préalable de gaz carbonique, renfermant un thermomètre, et disposé presque à frottement dans un tube de verre mince, ce dernier étant échauffé au sein d'un bain de paraffine La température du bain étant 112°, celle du thermomètre intérieur 103°, la décomposition s'est accélérée brusquement, avec projections et production explosive de gaz oxygène. Le thermomètre intérieur s'est élevé jusqu'à 163° : signe d'un grand dégagement de chaleur, surtout si l'on remarque combien la masse du corps décomposé ($0^{gr},08$ environ réduite en eau) était faible, comparativement à celle du thermomètre, du tube et des autres corps environnants. En même temps, toute la masse s'est changée en une poudre noire impalpable. Le volume de l'oxygène dégagé, d'après son dosage exact, était de 67^{cc}. Cet oxygène est toujours accompagné par un peu d'eau. La masse, traitée par l'acide sulfurique étendu et chaud, a dégagé

encore $3^{cc},2$ d'oxygène et s'est dissoute complètement, sans résidu d'argent métallique, mais en formant du sulfate d'argent et de l'acide azotique. Une masse analogue, obtenue dans une autre expérience de décomposition, a été traitée par l'eau, à laquelle elle a cédé de l'azotate d'argent, en laissant de l'oxyde insoluble. Quand l'oxyde retient un excès d'oxygène et qu'on le traite à froid par l'acide azotique, il forme d'abord une solution ou émulsion brune, analogue à celle du sesquioxyde d'argent.

» 5. L'analyse du composé, très récemment préparé, a fourni :

	Analyse.	Formule.
Ag	76,5	76,3
O (1) excédant	8,9	9,0
HO (2)	1,3	1,3
Az (3)	1,9	2,0
O (de AgO et AzO^6Ag)	11,4	11,4
	100,0	100,0

» Ainsi le composé répond à la formule : $4AgO^3$, AzO^6Ag, HO.

» 6. A mesure qu'on s'éloigne du moment de la préparation, la dose d'argent s'accroît, comme je l'ai vérifié ; la composition du corps se rapprochant de celle qui répondrait à $AzO^6Ag + 4AgO$, lequel fournirait : Ag = 85,1 Az = 2,2; O excédant nul.

» Cette décomposition lente explique les résultats observés par les savants qui ont étudié précédemment le composé. M. Fischer [4], qui avait séché le corps à 35°, a obtenu Ag = 78,9; M. Mahla [5], qui avait purifié son corps par un lavage prolongé (autre cause d'altération), a trouvé Ag = 81,2. Les doses d'oxygène excédant qu'ils ont déterminées, l'un par différence, l'autre au moyen de l'acide oxalique, se sont élevées seulement à 6,1 pour le premier, à 5,0 pour le second ; au lieu de 8,9 que j'ai obtenu effectivement, sous forme gazeuse et en nature, sans échauffer le corps au-dessus de 112°. C'est en raison de cette perte d'oxygène que le corps avait été représenté jusqu'ici par du bioxyde d'argent associé à l'azotate.

---

(1) C'est l'oxygène qui excède la composition de l'oxyde d'argent et de l'azotate. Il a été dosé en volume, au moyen du pyrogallate de potasse, après avoir été dégagé comme il a été dit, et privé d'acide carbonique.

(2) Recueillie dans un tube à ponce sulfurique.

(3) Dosé en volumes, en décomposant le corps par le cuivre métallique.

(4) *Journal für prakt. Chemie*, t. XXXIII, p. 237.

(5) *Annalen der Chemie und Pharm.*, t. LXXXII, p. 295; 1852.

» 7. En réalité, c'est un tritoxyde qui est uni à l'azotate d'argent

$$4AgO^3, AzO^6Ag, HO,$$

ou plus probablement le sel d'argent d'un acide argento-azotique

$$(4AgO^3, AzO^5), AgO + HO,$$

acide complexe, analogue aux acides phosphomolybdiques $5MO^3, PO^5$ et $20MO^3, PO^5$ de M. Debray (1) et aux acides silicotungstiques de M. de Marignac.

» La réalité de telles combinaisons et leur vrai caractère avaient été méconnus jusqu'à ces dernières années.

» 8. Elle implique ici un générateur plus simple, le tritoxyde d'argent, AgO^3 ou Ag^2O^6, non isolé jusqu'à présent. Ce corps est probablement identique avec le dérivé du sesquioxyde d'argent et de l'eau oxygénée : $Ag^2O^3 + 3HO^2$ ou plutôt $Ag^2O^6 + 3HO$, dont j'ai admis l'existence transitoire dans ma Note précédente; lequel paraît être le point de départ de la décomposition continue de l'eau oxygénée au contact de l'oxyde d'argent, ou de l'argent lui-même. »

CHIMIE. — *Observations sur la décomposition du permanganate de potasse par l'eau oxygénée;* par M. **Berthelot**.

« 1. Cette réaction est des plus singulières : en effet, les deux composés, mis en présence dans une liqueur fortement acide, se décomposent réciproquement et perdent tout leur oxygène actif, en étant ramenés l'un et l'autre à l'état de protoxyde (2). La découverte de ce fait intéressant, due à M. Brodie, a donné lieu à des théories diverses sur la polarité réciproque des atomes. Je me bornerai à montrer que la réaction du permanganate de potasse sur l'eau oxygénée est due, comme la plupart des réactions de ce

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXVI, p. 715.

(2) Dans des liqueurs neutres ou alcalines, la décomposition est moins simple, l'eau oxygénée étant détruite, tandis que l'acide permanganique est réduit à l'état de bioxyde, ou plutôt d'un oxyde intermédiaire. La formation d'un tel oxyde s'explique par ce que le protoxyde, n'étant pas changé en sel par la présence d'un acide, demeure uni avec une portion de l'oxygène. Le peroxyde de manganèse détermine d'ailleurs la décomposition continue de l'eau oxygénée, en vertu de quelque mécanisme analogue à celui qui préside à la réaction de la baryte et des alcalis peroxydés, d'après l'une de mes Notes précédentes.

genre, à la formation d'un composé instable, composé dont la destruction spontanée explique le dégagement d'oxygène consécutif.

» 2. Le point de départ de mes essais est tiré d'une expérience remarquable de notre confrère, M. P. Thenard, expérience publiée en 1872 ([1]), et sur laquelle il n'est pas revenu depuis. C'est ce qui m'autorise à en parler aujourd'hui, me trouvant amené à cette recherche par mes propres études sur l'eau oxygénée. L'expérience consiste à mêler l'eau oxygénée et le permanganate, en solutions acides, au sein d'un mélange réfrigérant : le mélange se décolore aussi bien qu'à la température ordinaire, mais avec cette différence que l'oxygène ne se dégage pas, tant que la liqueur demeure refroidie. Voici quelques détails plus circonstanciés.

» 3. Je prends une dissolution de permanganate de potasse, contenant 20^{gr} de ce sel par litre, et je la mélange peu à peu avec son volume d'une solution d'acide sulfurique de densité égale à 1,737 ($SO^4H + 3HO$ à peu près), en évitant tout échauffement notable.

» La liqueur se conserve pendant quelques heures sans altération sensible ([2]). Elle peut être refroidie à -12° et au-dessous, sans se congeler.

» J'ai aussi remplacé, dans le même but, l'acide sulfurique par l'acide azotique pur, $AzO^6H + 4HO$, bien exempt d'acide nitreux. La liqueur obtenue résiste également à la congélation.

» D'autre part, j'ai pris une liqueur renfermant $5^{gr},3$ d'eau oxygénée au litre, avec une trace d'acide sulfurique ($0^{gr},15$ par litre). J'ai encore opéré avec une autre liqueur contenant $3^{gr},5$ d'eau oxygénée, avec une trace d'acide chlorhydrique ($0^{gr},009$ par litre). L'une et l'autre ont été mélangées séparément : d'un côté avec leur volume de l'acide sulfurique précédent ($SO^4H + 3HO$), d'un autre côté avec leur volume d'acide azotique pur ($AzO^6H + 4HO$).

» Toutes ces liqueurs sont placées dans des ballons séparés, au sein d'un grand mélange réfrigérant, et refroidies jusqu'à ce que leur température intérieure ait atteint -12°. A ce moment, on prélève un certain volume de la solution d'eau oxygénée, on le place dans un ballon séparé, puis on y verse, d'abord rapidement, puis goutte à goutte, la solution refroidie du permanganate (renfermant le même acide que la solution d'eau oxygénée), jusqu'à ce que celle-ci cesse de se décolorer. On a aussi opéré

([1]) *Comptes rendus*, t. LXXV, p. 177; 1872.

([2]) Au bout d'un jour, l'acide permanganique est changé en sulfate manganique. Le mélange de permanganate et d'acide azotique dépose de même de l'oxyde manganique.

les mélanges dans un ordre inverse. Dans tous les cas, le mélange se décolore, lorsqu'il est fait dans des proportions telles que les deux composants, eau oxygénée et acide permanganique, renferment la même dose d'oxygène disponible [1]. Cette décoloration a lieu, *sans qu'il se produise d'effervescence.* Si le ballon est retiré du mélange réfrigérant, il ne tarde pas à s'y développer une vive ébullition. La liqueur, une fois ramenée à la température ordinaire, n'agit plus ni sur le permanganate de potasse, ni sur l'iodure de potassium, ni sur l'acide sulfureux. Elle retient cependant encore une dose notable d'oxygène dissous, qui se dégage par l'agitation, à la façon d'un gaz en solution sursaturée.

» 4. Il résulte de ces faits que la réaction du permanganate de potasse sur l'eau oxygénée, dans des liqueurs fortement acides, donne naissance à un *composé incolore,* stable à — 12° dans le milieu où il s'est produit, mais qui se détruit en dégageant de l'oxygène, dès qu'il est ramené à la température ordinaire. Les deux composants le forment suivant une proportion telle qu'*ils contiennent l'un et l'autre la même dose d'oxygène actif,* et la *totalité* de cet oxygène devient libre pendant le réchauffement.

» 5. Quelle est la nature de ce composé instable et suroxydé? Dérive-t-il du manganèse? ou bien de l'acide étranger, c'est-à-dire de l'acide sulfurique? ou bien de l'eau oxygénée elle-même? Serait-ce tout simplement de l'ozone, qui demeurerait dissous à basse température? C'est ce que je vais examiner.

» 1° Le caractère incolore du composé et l'absence de recoloration des produits observés pendant la période de sa destruction paraissent exclure l'existence de tout composé suroxydé du manganèse. Un tel composé devrait d'ailleurs renfermer une dose d'oxygène double de celle de l'oxygène disponible de l'acide permanganique, $Mn^2O^7 + O^5$, proportion invraisemblable.

» 2° J'avais pensé d'abord à l'acide persulfurique. Cette conjecture paraissait confirmée par le fait que l'acide persulfurique, sans action sur le permanganate de potasse lorsqu'il est étendu, le décompose au contraire rapidement, lorsqu'il se trouve dissous dans l'acide sulfurique convenablement concentré, tel que $SO^4H + 3HO$. La destruction a lieu, même avec des liqueurs refroidies à — 12° : ce qui la rapproche des observations précédentes. Mais, en poussant plus loin la vérification, je m'aperçus que la décomposition de l'acide persulfurique par l'acide permanganique dans les mélanges réfrigérants est plus lente que celle de l'eau oxygénée. Les liqueurs formées avec

---

(1) C'est-à-dire l'eau oxygénée se résolvant en eau et oxygène, l'acide permanganique (en présence de l'autre acide) en sel de protoxyde de manganèse et oxygène.

l'acide persulfurique, une fois retirées du mélange réfrigérant, font effervescence comme les liqueurs d'eau oxygénée; mais, après avoir été ramenées à la température ordinaire, elles retiennent encore une dose notable d'acide persulfurique, susceptible de précipiter l'iode de l'iodure de potassium. La différence est rendue plus nette encore, si l'on étend les solutions refroidies avec 8 à 10 volumes d'eau pure mêlée de glace, ce qui en maintient la température vers 0°. De telles liqueurs, une fois diluées, ne retiennent aucune trace de composé oxydant, lorsqu'elles dérivent de l'eau oxygénée; tandis qu'elles en conservent, lorsqu'elles résultent de l'acide persulfurique. L'eau oxygénée ne devient donc pas acide persulfurique dans ces condition

» Cependant la similitude des réactions des deux systèmes porte à croire qu'il se forme dans les deux cas, avec une vitesse inégale d'ailleurs, un même composé instable, lorsque l'eau oxygénée et l'acide persulfurique, pris séparément, sont mélangés à l'acide permanganique, en présence d'une dose considérable d'acide sulfurique.

» J'ajouterai enfin que le même composé prend naissance en présence de l'acide azotique : ce qui exclut la nécessité d'une formation, même transitoire, d'acide persulfurique.

» 3° Les liqueurs contiennent-elles de l'ozone condensé, ou plutôt dissous? Le gaz qui s'en dégage possède en effet une forte odeur d'ozone; mais sa richesse n'est pas ce qu'exigerait cette hypothèse, car elle n'approche pas de celle de l'oxygène modifié par l'effluve. La formation de l'ozone semblerait d'ailleurs exiger que l'un des deux agents oxydants fournît deux fois plus d'oxygène que l'autre ($O^2 + O = Oz$), tandis que le permanganate et l'eau oxygénée concourent pour des doses égales d'oxygène.

» Disons enfin, ce qui est décisif, que l'ozone est à peu près insoluble dans l'eau. Cette question est controversée depuis longtemps. Pour l'éclaircir, j'ai fait barboter dans 10^{cc} d'eau un gaz renfermant 60^{mgr} d'ozone au litre; puis l'eau, transvasée à deux reprises pour la séparer de son atmosphère, a été agitée avec de l'éther, et l'on a ajouté un peu d'acide chromique : il ne s'est pas produit d'acide perchromique bleu : ce qui prouve l'insolubilité à peu près complète de l'ozone dans l'eau.

» 4° On est ramené ainsi à l'hypothèse d'un *tritoxyde d'hydrogène*, HO^3, résultant de l'oxydation de l'eau oxygénée par le permanganate de potasse, c'est-à-dire produit par une réaction régulière, inverse de celle de l'eau oxygénée sur les oxydes métalliques, et dans laquelle les deux substances concourent, chacune pour une dose égale d'oxygène,

$$Mn^2O^7 + 5HO^2 = 2MnO + 5HO^3,$$

le protoxyde de manganèse étant changé en sulfate par l'acide auxiliaire. Le tritoxyde d'hydrogène est analogue à divers suroxydes et acides métalliques, ainsi qu'au trisulfure d'hydrogène HS^3, déjà connu. La formation d'un tel composé me paraît l'interprétation la plus probable des faits observés; mais le corps formé dans les conditions précédentes est si instable, qu'il n'a pas été possible de l'isoler. »

ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE. — *Sur le réglage électrique de l'heure à Paris.* Note de M. **Tresca.**

« L'Académie a toujours prêté son attention aux applications scientifiques qui résolvent les problèmes d'intérêt public, et j'ai pensé que, à ce point de vue, le moment était venu de lui faire connaître l'état actuel des installations en cours d'exécution pour la distribution de l'heure exacte de l'Observatoire, aux différents cadrans des monuments de Paris et à ceux de la voie publique.

» L'étude des moyens à employer pour cet objet avait été précédemment commencée à diverses reprises, mais sans avoir été poursuivie jusqu'à l'exécution, et c'est seulement en 1875 que notre illustre confrère Le Verrier obtint de la préfecture de la Seine la nomination d'une Commission, qu'il était appelé à présider, et qui aurait pour mission de mener à bonne fin la solution pratique de cette intéressante question.

» A ce moment Le Verrier, avec la coopération de M. Wolf, l'un des astronomes les plus autorisés de l'Observatoire, venait d'installer la transmission électrique de l'heure de l'horloge des caves, aux différentes pendules des grands instruments.

» Dans la Commission dont il vient d'être parlé, il fut d'abord décidé qu'un régulateur de cet établissement serait mis en communication électrique avec une des pendules du Conservatoire, par un circuit qui reviendrait à son point de départ, où son action maintiendrait également, à la même seconde, un troisième régulateur, construit aux frais de la ville et placé à côté du premier. Le contrôle réciproque des deux cadrans devait servir à démontrer que les actions régulatrices ne cessaient pas de se faire sentir sur tout le parcours. Cette installation a immédiatement donné, entre les pendules des deux établissements, une concordance dont on fit profiter en même temps l'horloge de l'Administration des lignes télégraphiques et celle du Conseil municipal, au Luxembourg.

» Le Verrier s'intéressait beaucoup à cette expérience, et, lorsque sa di-

rection vint à nous faire défaut, nos collègues de la Commission, au nombre desquels plusieurs de nos confrères, MM. Becquerel, Breguet et du Moncel, qui la composaient avec M. Wolf et M. Baron, tinrent à honneur de continuer avec nous les études nécessaires pour la mise à exécution des moyens les plus propres à assurer sa solution pratique. Mes collègues voulurent bien me charger de remplacer Le Verrier dans les rapports de la Commission avec l'Administration de la ville de Paris, où nous avons rencontré, de la part de M. Alphand et de M. Huet, le même désir de doter notre capitale d'une distribution de l'heure, au moins équivalente à celle qui est déjà en service dans quelques grandes villes.

» L'horloge directrice, complètement indépendante de la pendule des caves, avait été tout d'abord maintenue à l'heure au moyen de l'addition, faite au balancier, d'une petite corbeille dans laquelle on pouvait introduire des poids variés, et ce fut Le Verrier lui-même qui les gradua de façon à pouvoir corriger, en vingt-quatre heures, la marche de l'horloge, mais aussi, et par un poids spécial, de manière à dominer, en une heure seulement, l'écart constaté au moment d'un vérification, faite chaque jour et régulièrement, à la même heure.

» La pendule astronomique de Berthoud, qui fait partie des collections de notre grand Observatoire, fut munie de cet accessoire indispensable et des contacts électriques nécessaires, par notre habile confrère M. Breguet, et le courant parti de l'Observatoire fut ainsi transmis et interrompu à chaque seconde dans la ligne aboutissant au Conservatoire, où il avait à actionner un seul électro-aimant, établi par M. Dumoulin-Froment, et dont l'impulsion devait régulariser l'isochronisme absolu du mouvement du pendule de l'horloge réceptrice, pour le rôle de laquelle un excellent régulateur de Jacob avait été choisi. On sait que ce mode de réglage, proposé par Foucault et par Froment, avait été réalisé par M. Vérité, horloger à Beauvais, puis amélioré par M. Wolf, à qui l'on doit d'avoir fait agir l'électro-aimant à la fin de chacune des oscillations simples du pendule.

» La Commission avait eu d'ailleurs à se prononcer sur les inconvénients que lui paraissaient présenter les simples cadrans électriques, ou tout autre système d'aiguilles indépendantes, manœuvrées à distance. Elle avait rejeté ce mode de transmission, qui se trouverait évidemment influencé par la moindre erreur de contact, tandis que le système que nous venons de décrire ne devait être aucunement mis en défaut par des interruptions, fussent-elles même prolongées pendant un temps assez long.

» D'un autre côté, M. Breguet a bien voulu munir un des régulateurs

de Lepaute, au Conservatoire, des mêmes dispositions, qui avaient parfaitement réussi sur celui de Berthoud, et cette pendule nous servit, pendant un certain temps, sous la conduite de M. Gustave Tresca, qui nous a utilement aidé dans toutes nos études et installations, à commander l'horloge de clocher du Conservatoire, qui a été également munie, par M. Vérité lui-même, d'un électro-aimant au-dessous de son pendule, exceptionnellement lourd, puisqu'il ne pèse pas moins de 35^{kg}. L'expérience a ainsi montré que ce mode de transmission, seconde par seconde, pourrait être appliqué en toute sûreté dans les différents cas analogues; mais cet essai, pour ne compromettre en rien l'expérience principale, a été fait isolément et d'une manière complètement indépendante du courant de l'Observatoire, au moyen d'une pile locale.

» Après plus d'une année de transmission tout à fait correcte, les expériences ayant paru suffisamment probantes à la Commission, le Conseil municipal de Paris, sur le Rapport de M. Viollet-le-Duc, a autorisé, conformément au projet qu'elle avait formulé avec les ingénieurs de la ville, une dépense de 80000^{fr} pour l'installation de douze centres horaires, à l'aide desquels on pourrait entretenir à l'heure, d'abord quarante cadrans environ, dans Paris, plus tard même un nombre beaucoup plus considérable.

» A cet effet, l'installation des horloges et des piles de l'Observatoire a été complètement organisée, grâce au concours de notre confrère M. l'amiral Mouchez, directeur de cet établissement, par les soins duquel l'horloge motrice est chaque jour entretenue à la véritable heure moyenne.

» Les différents horlogers qui s'occupent de transmissions électriques ayant été consultés dans une conférence spéciale, on a pu former une sorte de cahier des charges, auxquelles devraient satisfaire les premières horloges des centres horaires, disposées de manière à être réglées seconde par seconde, et à servir en même temps de points de départ pour la remise à l'heure des cadrans placés sous leur dépendance.

» M. Breguet a été chargé d'un premier réseau de ces centres horaires, au nombre de six, qui sont complètement installés et qui fonctionnent régulièrement depuis le 3 janvier sur les points suivants : porte extérieure de l'Observatoire, mairie du VIe arrondissement, place Saint-Sulpice; mairie du IIe arrondissement, rue de la Banque; presbytère, rue de la Trinité; école, près Saint-Philippe du Roule; école, près Saint-François-Xavier, et pavillon du Bureau des Ponts et Chaussées, place Denfert-Rochereau.

» Avec les installations accessoires, cela constitue aujourd'hui un réseau de treize horloges fonctionnant synchroniquement sur un parcours de

15^{km}, sans qu'aucune erreur de seconde y ait été relevée pendant un temps déjà considérable.

» Nous devons signaler toutefois une grave perturbation qui s'est produite le 10 février, dans les deux circuits, mais particulièrement dans celui de la Trinité. Les fils ont été coupés en divers points par la circulation des glaces dans les égouts et aussi, par suite de quelques faits d'imprudence, sans doute, la gutta-percha qui entoure le câble avait été fondue, en déterminant un contact de terre entre le câble et son enveloppe. Les horloges placées au delà des interruptions se sont trouvées livrées à elles-mêmes, ce qui n'aurait pu déterminer qu'une avance, résultant de leur réglage, de quelques secondes par jour, avance qu'il était très simple de corriger manuellement, en temps convenable, aussitôt qu'on aurait été informé de la rupture du courant. Au contraire, les horloges en communication avec le circuit actif ont éprouvé des variations de marche très différentes et se sont finalement arrêtées sous l'influence d'un courant permanent, aboutissant à la terre et résultant, soit des recherches faites sur les lignes pour reconnaître les points défectueux, soit aussi d'une communication fortuite, survenue à l'Observatoire même, entre les piles des deux lignes, sans passage par le régulateur type.

» Depuis lors, les enveloppes de plomb des câbles ont été mieux protégées, et le commutateur de départ a été modifié de manière à éviter ces accidents de rupture, qui nous avaient paru, *a priori*, bien peu à craindre.

» La station du Conservatoire a été d'ailleurs maintenue exactement à l'heure, par la suppression immédiate des contacts et la marche libre, jusqu'au moment où le circuit s'est trouvé de nouveau en état de fonctionner régulièrement.

» Les ressources accordées devant comprendre l'établissement de six autres centres horaires reliés par un fil d'un parcours un peu moindre, il va y être procédé, dans un très bref délai, après une nouvelle étude de la question et l'examen des nouvelles propositions faites. Ces six centres horaires, qui constitueront un réseau distinct, seront établis de manière à desservir tous les cadrans dont la remise à l'heure était comprise dans le projet primitif, et en particulier les vingt hôtels des différents arrondissements de la capitale, au moyen de la répartition suivante : mairie du Ve arrondissement, place du Panthéon; église Saint-Merry, considérée comme centre annexe de l'Hôtel-de-Ville; mairie du Xe arrondissement, faubourg Saint-Martin; mairie du XIe arrondissement, boulevard Voltaire; école voisine du boulevard Mazas, et Marché aux chevaux.

» Chaque horloge synchronisée est munie, sur la roue des heures, d'un contact spécial qui permet à une pile locale, de faible énergie, de faire fonctionner, chaque heure ou à des intervalles différents, suivant les cas, une batterie de relais ordinaires ou un relais multiple, dont la mise en action servira à faire fonctionner le système de remise à l'heure qui sera adopté pour chacune des horloges publiques, suivant son mode de construction.

» Chaque entrepreneur de remise à l'heure pourra employer, à l'utilisation des contacts de ces relais et au moyen de piles appropriées, un système spécial, dont il aura la complète disposition et l'entière responsabilité, mais seulement après un examen préalable qui en aurait démontré l'efficacité. C'est ainsi que les dispositions de MM. Collin, Fenon, Rédier ont été reconnues applicables à la plupart des horloges qu'il y a lieu de régulariser. Il ne paraît pas opportun de donner dès aujourd'hui des indications précises sur chacun de ces systèmes de remise à l'heure, qui sont mis en application en ce moment même, soit aux horloges de clocher les plus en vue, soit à quelques kiosques de voitures. Nous nous bornerons à dire seulement que, pour les horloges de précision, la préférence sera donnée aux systèmes qui n'exigeront aucun déréglage de la marche habituelle de la pièce à entretenir, ni aucune modification dans ses organes essentiels.

» Nous avons constaté que le public s'intéresse vivement à cette question; chacun met sa montre à l'heure devant les différents centres horaires, et il y a lieu de croire que l'intérêt ne sera pas moindre, en ce qui concerne les principaux cadrans des grandes voies publiques, qui seront facilement réglés de manière à ne donner lieu jamais à un écart de plus d'une minute.

» Les premières installations de remise à l'heure comprendront, outre les mairies : sur le premier réseau, les cadrans extérieurs de Saint-Eustache, la Bourse, Notre-Dame de Clignancourt; sur le second, Saint-Jacques-du-Haut-Pas, Palais-de-Justice, Saint-Gervais, Saint-Laurent, Saint-Vincent-de-Paul, Saint-Denis-de-la-Chapelle, Notre-Dame-de-la-Croix à Ménilmontant et Saint-Jean-Baptiste à Belleville.

» En résumé, le système employé se compose de deux éléments bien distincts : 1° un certain nombre de centres horaires, distribués sur deux réseaux télégraphiques, et formés de bonnes horloges qui marcheraient convenablement si elles étaient livrées à elles-mêmes, mais réglées avec un peu d'avance et dont la marche est régularisée, à chaque seconde, au-dessous du pendule ; 2° les horloges mêmes de la ville, conservées dans leur état actuel, mais entretenues à l'heure vraie, avec une exactitude dont

l'écart ne dépassera jamais une minute; leur nombre ira successivement en augmentant jusqu'à l'achèvement du travail.

» Pour des points plus isolés, l'Administration se propose aussi, mais exceptionnellement, de se servir du réseau principal des communications télégraphiques pour remettre à l'heure certaines horloges, en interrompant, à une heure une fois convenue, la circulation des dépêches pendant quelques minutes seulement, sur une partie de réseau peu fréquentée.

» La plupart de ces installations seront achevées dans le courant de cette année, et la ville de Paris se trouvera ainsi dotée de la plus importante distribution électrique de l'heure qui ait jamais été faite.

» Il était de notre devoir de faire connaître à l'Académie la part qui revient dans cette entreprise à la mémoire de notre illustre confrère Le Verrier. »

MÉMOIRES LUS.

Rapport fait à l'Académie sur les résultats obtenus, pendant la campagne de la Magicienne, *pour l'observation du passage de Mercure;* par M. l'amiral **Serres.**

« Les Cahiers mis aujourd'hui sous les yeux de l'Académie renferment les calculs et les développements annoncés dans la Note que j'ai eu l'honneur de lui présenter le 9 juin dernier.

» Le premier Cahier contient une étude sur le transport du temps. On y trouve le résumé des observations faites pendant la campagne de la *Magicienne,* au moyen des huit chronomètres confiés à M. Lemercier, lieutenant de vaisseau, et l'énumération des lieux dont les longitudes ont été déterminées ou vérifiées par cet officier. L'intérêt principal de la longue série d'observations poursuivies dans un réseau géographique si étendu naît de la constatation répétée d'un fait déjà signalé par M. l'ingénieur Gaspari, et qui peut se traduire comme il suit. Lorsqu'on passe rapidement d'une zone à une autre zone, dont la température est différente, la marche des chronomètres n'est pas modifiée, comme elle l'eût été si le passage avait été plus long; de telle sorte que, si dans une traversée la moyenne des influences thermales s'exerce dans un certain sens, les corrections faites dans le sens de ces influences sont un peu trop grandes; en d'autres termes, le changement de forme des organes de la montre, déterminé par une différence de température, est un phénomène lent qui a sans

officiers ou les timonniers ont employé tout au rebours les échelles numériques. En ce qui touche la direction, le désir de noter le vent vrai devient, lorsqu'on se sert des machines, une cause incessante d'erreur. Les penons et girouettes subissent l'influence de la vitesse; sous vapeur et par brise faible, cette influence se traduit par un écart considérable de la ligne du vent vrai. Le jour, on peut se guider sur la direction des lames; la nuit, cette indication est parfois insuffisante; alors on regarde le ciel et on note le vent d'après la course des nuages. Or il n'est pas de données plus fautives que celles qu'on recueille ainsi. Les différentes couches de l'atmosphère se meuvent dans des conditions très différentes; il nous est arrivé sur la *Magicienne,* dans une traversée de Magellan à Sainte-Hélène, d'observer pendant plus de huit jours consécutifs des vents de surface d'est et d'est-nord-est alors que les cirrus qui marbraient le ciel arrivaient du sud-est, nous apportant chaque jour, sans jamais la tenir, la promesse du vent dont nous avions besoin pour achever une traversée laborieuse.

» Le remède à un état de choses aussi peu satisfaisant pour la Science ne peut, ce nous semble, se trouver que dans une convention bien établie et dans l'emploi d'instruments comparables qui permettent de substituer la mesure à l'impression. Mieux vaut, pour l'avancement de la Météorologie, un nombre restreint de journaux bien faits qu'une masse confuse de documents sans garantie et de moyennes sans vérité. L'emploi d'instruments conduirait d'ailleurs à l'adoption d'une mesure qui nous a toujours paru la seule rationnelle, l'inscription sur les journaux de bord des vitesses et des directions apparentes du vent. L'officier de quart peut constater et lire; il ne faut pas lui demander d'apprécier et de calculer. C'est en dépouillant les journaux, soit mensuellement, soit en fin de campagne, qu'on doit réduire, au moyen de la vitesse et de la direction du navire, les éléments recueillis.

» Les vitesses du vent observées à la hauteur du pont, c'est-à-dire à 7^{m} ou 8^{m} d'altitude, ne sont pas les seuls éléments inscrits dans les Tableaux présentés à l'Académie : on y trouve aussi les vitesses du vent observées dans la mâture à des altitudes de 25^{m} à 30^{m} et les vitesses correspondantes du navire. L'étude de ces Tableaux est instructive pour le marin et intéressante pour le physicien; elle prouve que, même sur des bâtiments lourds et relativement peu voilés, le rapport de la vitesse du navire à celle du vent est plus avantageuse qu'on ne le suppose généralement; elle conduit à admettre que les courants aériens de surface subissent les mêmes influences que les eaux d'une rivière dans son lit, qu'ils perdent par leur frotte-

ment contre le sol et la masse supérieure de l'atmosphère une partie notable de leur force vive. Il serait d'un grand intérêt de déterminer approximativement les limites du phénomène, de constater dans les régions où règnent les alizés et les vents généraux la hauteur à laquelle la direction du vent de surface est infléchie ou détournée. Nous avons essayé dans ce but de faire des observations sur la hauteur et la course des nuages; mais les résultats trouvés n'ont été ni assez nombreux ni assez certains pour être présentés à l'Académie.

» Le sixième Cahier renferme l'historique de l'observation du passage de Mercure. Les éléments nécessaires pour apprécier la précision de la méthode photographique ont été recueillis dans les conditions que l'Académie connaît déjà. Je ne puis préjuger le résultat des mesures prises sur les plaques venant de l'observatoire de Payta; mais, soit qu'on se décide en 1882 à observer simultanément le passage de Vénus avec des lunettes photographiques et des équatoriaux, soit qu'on se borne à l'emploi de ces derniers, je me crois fondé à affirmer qu'on trouvera pour l'installation des observatoires sur les divers points de l'Amérique du Sud visités par la *Magicienne* des facilités exceptionnelles. Dans le détroit de Magellan, à Punta-Arenas ou dans une des baies à l'est du cap Froward, il est possible de s'installer et de vivre à terre; on a de belles chances pendant l'été d'y voir le ciel. A Lota, dans le golfe d'Araucanie, les conditions, un peu moins favorables sous le rapport de la latitude, sont excellentes au point de vue climatérique. On peut en dire autant de Valparaiso ou bien encore de Juan Fernandez. Cette île jouit de l'avantage d'être en dehors de la bande où règnent les vents du sud qui, pendant l'été antarctique, suivent la côte ouest d'Amérique et sont parfois assez violents pour gêner les observateurs. Ces divers points sont voisins les uns des autres, et surtout placés de telle sorte qu'un seul navire peut, à de courts intervalles, y déposer le matériel et le personnel des stations. Le passage observé, la ligne anglaise qui dessert les ports du continent américain et touche à Bordeaux assurerait aux membres de l'expédition un retour facile et rapide. Je suis entré dans ces détails pour montrer à l'Académie que la Marine, dont elle connaît le dévouement aux intérêts de la Science, peut se rendre très utile lors du prochain passage de Vénus, en se chargeant des observations australes, et que son concours sera d'autant plus facile à obtenir que les stations peuvent et doivent être établies sur des points que les navires de la division du Pacifique visitent chaque année.

» Le septième Cahier contient la description d'un sillomètre électrique

officiers ou les timonniers ont employé tout au rebours les échelles numériques. En ce qui touche la direction, le désir de noter le vent vrai devient, lorsqu'on se sert des machines, une cause incessante d'erreur. Les penons et girouettes subissent l'influence de la vitesse; sous vapeur et par brise faible, cette influence se traduit par un écart considérable de la ligne du vent vrai. Le jour, on peut se guider sur la direction des lames; la nuit, cette indication est parfois insuffisante; alors on regarde le ciel et on note le vent d'après la course des nuages. Or il n'est pas de données plus fautives que celles qu'on recueille ainsi. Les différentes couches de l'atmosphère se meuvent dans des conditions très différentes; il nous est arrivé sur la *Magicienne*, dans une traversée de Magellan à Sainte-Hélène, d'observer pendant plus de huit jours consécutifs des vents de surface d'est et d'est-nord-est alors que les cirrus qui marbraient le ciel arrivaient du sud-est, nous apportant chaque jour, sans jamais la tenir, la promesse du vent dont nous avions besoin pour achever une traversée laborieuse.

» Le remède à un état de choses aussi peu satisfaisant pour la Science ne peut, ce nous semble, se trouver que dans une convention bien établie et dans l'emploi d'instruments comparables qui permettent de substituer la mesure à l'impression. Mieux vaut, pour l'avancement de la Météorologie, un nombre restreint de journaux bien faits qu'une masse confuse de documents sans garantie et de moyennes sans vérité. L'emploi d'instruments conduirait d'ailleurs à l'adoption d'une mesure qui nous a toujours paru la seule rationnelle, l'inscription sur les journaux de bord des vitesses et des directions apparentes du vent. L'officier de quart peut constater et lire; il ne faut pas lui demander d'apprécier et de calculer. C'est en dépouillant les journaux, soit mensuellement, soit en fin de campagne, qu'on doit réduire, au moyen de la vitesse et de la direction du navire, les éléments recueillis.

» Les vitesses du vent observées à la hauteur du pont, c'est-à-dire à 7^m ou 8^m d'altitude, ne sont pas les seuls éléments inscrits dans les Tableaux présentés à l'Académie : on y trouve aussi les vitesses du vent observées dans la mâture à des altitudes de 25^m à 30^m et les vitesses correspondantes du navire. L'étude de ces Tableaux est instructive pour le marin et intéressante pour le physicien; elle prouve que, même sur des bâtiments lourds et relativement peu voilés, le rapport de la vitesse du navire à celle du vent est plus avantageuse qu'on ne le suppose généralement; elle conduit à admettre que les courants aériens de surface subissent les mêmes influences que les eaux d'une rivière dans son lit, qu'ils perdent par leur frotte-

ment contre le sol et la masse supérieure de l'atmosphère une partie notable de leur force vive. Il serait d'un grand intérêt de déterminer approximativement les limites du phénomène, de constater dans les régions où règnent les alizés et les vents généraux la hauteur à laquelle la direction du vent de surface est infléchie ou détournée. Nous avons essayé dans ce but de faire des observations sur la hauteur et la course des nuages; mais les résultats trouvés n'ont été ni assez nombreux ni assez certains pour être présentés à l'Académie.

» Le sixième Cahier renferme l'historique de l'observation du passage de Mercure. Les éléments nécessaires pour apprécier la précision de la méthode photographique ont été recueillis dans les conditions que l'Académie connaît déjà. Je ne puis préjuger le résultat des mesures prises sur les plaques venant de l'observatoire de Payta; mais, soit qu'on se décide en 1882 à observer simultanément le passage de Vénus avec des lunettes photographiques et des équatoriaux, soit qu'on se borne à l'emploi de ces derniers, je me crois fondé à affirmer qu'on trouvera pour l'installation des observatoires sur les divers points de l'Amérique du Sud visités par la *Magicienne* des facilités exceptionnelles. Dans le détroit de Magellan, à Punta-Arenas ou dans une des baies à l'est du cap Froward, il est possible de s'installer et de vivre à terre; on a de belles chances pendant l'été d'y voir le ciel. A Lota, dans le golfe d'Araucanie, les conditions, un peu moins favorables sous le rapport de la latitude, sont excellentes au point de vue climatérique. On peut en dire autant de Valparaiso ou bien encore de Juan Fernandez. Cette île jouit de l'avantage d'être en dehors de la bande où règnent les vents du sud qui, pendant l'été antarctique, suivent la côte ouest d'Amérique et sont parfois assez violents pour gêner les observateurs. Ces divers points sont voisins les uns des autres, et surtout placés de telle sorte qu'un seul navire peut, à de courts intervalles, y déposer le matériel et le personnel des stations. Le passage observé, la ligne anglaise qui dessert les ports du continent américain et touche à Bordeaux assurerait aux membres de l'expédition un retour facile et rapide. Je suis entré dans ces détails pour montrer à l'Académie que la Marine, dont elle connaît le dévouement aux intérêts de la Science, peut se rendre très utile lors du prochain passage de Vénus, en se chargeant des observations australes, et que son concours sera d'autant plus facile à obtenir que les stations peuvent et doivent être établies sur des points que les navires de la division du Pacifique visitent chaque année.

» Le septième Cahier contient la description d'un sillomètre électrique

construit, pendant la campagne de la *Magicienne*, par M. le commandant Fleuriais et nommé par son inventeur *loch à moulinet*.

» Il y a bien longtemps que les marins cherchent à s'affranchir de l'obligation de jeter le loch. On est parvenu par différents moyens à constater le nombre de milles parcouru par le navire dans un jour ou dans un intervalle donné; mais aucun des instruments connus ne donne ce dont, à bord des navires de guerre, on a le plus besoin, l'indication permanente et précise de la vitesse. La régularité des résultats obtenus avec le cercle de Robinson dans les recherches anémométriques devait suggérer l'idée de mesurer la vitesse du sillage avec un instrument analogue. Construire un cercle semblable à celui de l'anémomètre, mais plus petit, monter sur son axe un tourillon mi-partie de cuivre et d'ébonite, envelopper ce tourillon d'une boîte étanche et le faire embrasser par une pince métallique terminant un fil conducteur noyé dans un cordage de remorque, mettre ce fil en communication facultative avec une pile et une sonnerie, compter le nombre de tours faits par le cercle par le nombre de coups frappés sur un timbre, réduire les nombres trouvés en nœuds et dixièmes de nœud au moyen d'une Table, paraissait chose aisée ; mais il se présentait tout d'abord deux objections. Comment l'étanchéité de la boîte dans laquelle, par le contact alternatif du cuivre et de l'ébonite avec les branches de la pince, le circuit électrique était alternativement ouvert ou fermé, pourrait-elle être maintenue, et puis comment le cercle et sa monture traînés dans le sillage de la frégate à des vitesses variables se conduiraient-ils ? Ne seraient-ils pas soumis, comme tous les objets remorqués, à des mouvements irréguliers qui empêcheraient toute relation exacte entre la vitesse des demi-sphères creuses montées sur les rayons du cercle et la vitesse du navire ? Sous ce dernier rapport, nous avons été promptement rassurés. A peine l'instrument était-il à la mer qu'en dépit de sa proximité de la poupe et des remous qui suivent toujours les carènes il a pris une position d'équilibre stable, stable quant à la direction et à la verticalité, stable aussi quant à l'immersion. Le mouvement des ailes laissant dans l'eau une traînée blanche, il était facile de suivre les positions de la roue et de constater que les méandres qu'elle décrit sont des courbes tellement allongées que leurs projections sur la route sont pratiquement égales au chemin parcouru. Il y a plus : la fixité de position du plan vertical dans lequel se maintiennent les rayons de la roue est telle, qu'on ne l'altère pas en tordant légèrement la remorque, et, si la torsion devient suffisante pour forcer l'instrument à se renverser, il fait un tour complet sur lui-même et revient, stable comme avant qu'on

l'ait troublé, présenter au courant la concavité des demi-sphères les plus basses. Il ne sera pas difficile sans doute de trouver *a posteriori* une explication de ces phénomènes ; nous qui n'abordons que bien timidement l'Hydrodynamique, nous les avons observés avec curiosité et constatés avec reconnaissance. Restait l'étanchéité : les insuccès sous ce rapport ont été nombreux, si nombreux que M. Fleuriais, découragé par les critiques, était sur le point de renoncer à ses expériences, lorsqu'un jour, après plusieurs heures d'indications régulières, on retira l'instrument avec la boîte pleine; le caoutchouc s'était déchiré, le tourillon et la pince avaient été complètement baignés. De ce moment le problème fut résolu : dès que la différence de conductibilité entre l'eau et le métal était suffisante pour que le circuit fût à chaque révolution ouvert et fermé, on pouvait dépouiller l'instrument des accessoires qui en avaient compliqué la construction et le ramener à l'appareil simple et pratique que l'Académie a sous les yeux.

» La possibilité de connaître à chaque instant, avec une précision qui va jusqu'au dixième de nœud, la vitesse d'un navire, et cela par une opération des plus simples, puisqu'il ne s'agit que de tourner le bouton d'un commutateur et de compter les coups frappés sur un timbre, sera très appréciée par les marins dans le cours ordinaire du service; elle le sera plus encore en escadre, où les relations de vitesse entre les navires sont la base des évolutions; enfin elle nous permettra d'arriver à la solution de plusieurs questions fort intéressantes pour l'art naval et que je demande à l'Académie, au nom de l'intérêt qu'elle a toujours porté aux choses de la Marine, d'effleurer devant elle.

» L'opinion des hommes du métier est partagée aussi bien sur l'efficacité relative des armes actuelles que sur la tactique des combats de l'avenir. Les uns tiennent pour l'éperon, d'autres pour le boulet, plusieurs pensent que la torpille est appelée à un grand rôle. Il est admis, en général, que dans les combats singuliers l'action commencera par un croisement à contre-bord suivi d'évolutions rapides ayant pour but, soit en marchant plus vite, soit en tournant plus court que l'ennemi, de le primer de manœuvre et de décider la victoire par un coup d'éperon. Dans les combats d'escadre, lorsque des lignes rendues rigides par leur longueur et par le rapprochement des navires qui les composent s'avanceront l'une sur l'autre, rien ne pourra empêcher un capitaine de se jeter sur l'adversaire que le sort lui aura désigné. La question est de savoir s'il pourra le faire avec avantage, c'est-à-dire s'il pourra, sans s'exposer à être atteint lui-même, frapper de son éperon une partie vulnérable de la carène ennemie. Ce n'est

plus de la manœuvre, c'est de l'escrime. Or la règle de l'escrime est la même, que l'arme pèse 2 onces ou 10 000 000^{kg} : éviter la pointe de l'adversaire par un écart rapide et toucher le point faible avant opposition. Dans tous les cas, la courbe d'opposition est plus courte que la courbe d'attaque ; dans tous les cas, l'attaque réussit à la condition qu'entre son origine et celle du mouvement de défense il s'écoule assez peu de temps pour que le désavantage d'un parcours plus long soit racheté. On voit dès lors que pour apprécier, au point de vue du combat par le choc, les propriétés offensive et défensive d'un navire à éperon, il faut construire, avec une grande exactitude et en fonction du temps, des courbes qui représentent sa *maniabilité*. Jusqu'à ce jour, nous sommes sans moyen suffisants de résoudre ce problème; nous connaissons des procédés pratiques pour tracer les cercles de gyration dont le diamètre et la durée servent de mesure à la puissance d'évolution des cuirassés; mais ces courbes d'attaque et de défense, dont les ordonnées dépendent de la rapidité de transmission des ordres et des mouvements, de l'inertie des navires aussi bien que de la puissance des gouvernails et de la résistance des carènes, nous ne savons pas les construire, parce que nous n'avons pas de moyen pratique de déterminer à chaque instant des vitesses qui varient à chaque changement de direction. L'instrument de M. Fleuriais nous donnera cet élément qui nous manquait, et nous le donnera avec d'autant plus de précision que, la remorque du loch à moulinet étant courte, le chemin décrit par l'instrument dans les évolutions est sensiblement égal à celui de l'arrière du navire.

» Le sillomètre électrique trouvera dans les essais des bâtiments à vapeur une application toute naturelle. Nous sommes dans l'usage, quand une machine doit être essayée, avant livraison ou après réparation, de conduire le navire devant une base et de déterminer la vitesse maximum que son propulseur peut lui donner. Quand la base est longue, la mer tranquille et sans courant, le procédé est exact et dispendieux ; quand la base est courte, comme à Cherbourg, et qu'on est réduit à prendre des moyennes entre les parcours de montée et ceux de descente, il devient infidèle et parfois dangereux. Avec un sillomètre étalonné, mieux encore, avec plusieurs sillomètres se contrôlant et fournissant des moyennes, les essais sûr la base deviennent inutiles. Un navire qui prend le large et à bord duquel on constate incessamment les consommations de combustible, le nombre d'unités dynamiques dans les cylindres et le nombre des nœuds filés, revient au port avec tous les éléments d'appréciation désirables.

» Je ne présente pas aujourd'hui à l'Académie le résumé des travaux de MM. Sabatier, Wathelet et Dubois. Le catalogue des collections qu'ils ont réunies est aux mains de M. le directeur du Muséum, qui a bien voulu faire connaître à ces messieurs le prix qu'il attache à leur collaboration.

» Messieurs,

» J'avais pris l'engagement de mettre sous vos yeux les résultats obtenus pendant la campagne de la *Magicienne*. Dans l'accomplissement de cette tâche, j'ai trouvé, pour les officiers dont j'ai demandé le concours, tant de bienveillance, pour moi-même une si honorable attention, que je voudrais pouvoir me promettre et vous promettre de nouveaux efforts et de nouvelles recherches; mais ni les marins, ni les soldats n'ont le privilège d'une éternelle jeunesse, et je vous apporte aujourd'hui un tribut et un adieu. Un membre de votre Compagnie, un homme dont nous aimons les livres et les leçons, M. l'amiral Jurien de la Gravière, disait un jour : « Il faut » bien finir ». J'ai retenu cette parole et j'ai cru bien finir en apportant une pierre aux ouvriers de la Vérité. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les courbes définies par une équation différentielle.* Note de M. H. **Poincaré**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Hermite, Bonnet, Bouquet).

« Ce Mémoire a pour but l'étude géométrique des courbes définies par une équation différentielle de la forme

$$\frac{dx}{X} = \frac{dy}{Y},$$

où X et Y sont des polynômes entiers en x et y.

» Afin d'éviter les difficultés que présenterait l'étude des branches infinies, j'appelle le point (x, y) non pas le point dont l'ordonnée et l'abscisse dans un plan sont y et x, mais la projection gnomonique de ce point sur la sphère. De cette façon, à un système de valeurs de x et de y correspondent deux points de la sphère diamétralement opposés.

» Avant d'étudier ces courbes (que j'appelle *caractéristiques*) dans toute l'étendue de la sphère, j'ai dû naturellement rappeler les résultats

auxquels a déjà conduit leur étude dans une région restreinte de la sphère. On voit ainsi : 1° que, par tous les points de la sphère, sauf par certains points singuliers, passe une caractéristique et une seule; 2° que, par certains points singuliers, passent deux points caractéristiques; 3° que, par d'autres points singuliers, passent une infinité de caractéristiques; 4° enfin, qu'une troisième sorte de points singuliers est telle, que les caractéristiques voisines tournent comme des spirales autour de ces points sans qu'aucune d'elles aille y passer. J'appelle ces trois sortes de points singuliers les *cols*, les *nœuds* et les *foyers* de l'équation donnée.

» Envisageant la distribution de ces points singuliers sur la sphère, je démontre que le nombre des nœuds et des foyers surpasse de deux le nombre des cols.

» Après avoir démontré divers autres théorèmes, dont l'énoncé ne peut trouver place dans ce résumé, j'aborde l'étude des courbes dans toute l'étendue de la sphère, et j'arrive au résultat suivant : la sphère est sillonnée par une série de courbes fermées telles, 1° que par les points ordinaires passe une de ces courbes fermées et une seule; 2° que chaque col soit un point double d'une courbe fermée; 3° que par les nœuds et les foyers ne passe aucune de ces courbes fermées. Parmi ces courbes fermées, les unes ne sont pas des caractéristiques et ne touchent une caractéristique en aucun point : je les appelle *cycles sans contact;* les autres sont des caractéristiques : je les appelle *cycles limites,* parce qu'elles sont asymptotes aux caractéristiques voisines.

» Aucun cycle sans contact ne rencontre une caractéristique en plus d'un point. La connaissance du système des cycles sans contact et des cycles limites fournirait une idée complète de la forme géométrique des caractéristiques. Je donne d'abord des exemples de cas où l'équation de ce système est exprimable en termes finis; mais, comme cela n'a pas lieu en général, je dois avoir recours à un autre procédé. De même que, faute de pouvoir exprimer les racines d'une équation en nombres commensurables, on les sépare et on les resserre ensuite dans des limites de plus en plus étroites, je cherche à diviser la sphère en régions *acycliques,* que ne traverse aucun cycle limite, et en régions *monocycliques,* aussi restreintes que possible, qui contiennent un cycle limite tout entier et n'en contiennent qu'un. Je donne une méthode générale pour arriver à ce résultat, et trois applications de cette méthode.

» Les résultats qui sont rapportés dans ce résumé se rapportent au cas le plus général; mais j'ai dû examiner, dans le Mémoire, différents cas

exceptionnels, sans pouvoir pourtant envisager tous ceux qui se présentent. »

M. H. Barnouvin propose l'emploi du chlorure de chaux, pour la destruction du Phylloxera.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

M. Boutigny appelle l'attention de l'Académie sur la résistance des insectes aux agents chimiques.

D'après les observations de l'auteur, des charançons, introduits avec des semences de coriandre dans des flacons contenant des cylindres de pierre infernale, ont pu y vivre et s'y multiplier. Des mouches, immergées dans une solution de soude caustique, et laissées à la surface pendant un jour, n'ont paru en éprouver aucun effet funeste.

(Renvoi à la Commission du Phylloxera.)

CORRESPONDANCE.

L'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Belgique adresse le programme des questions qu'elle a mises au concours pour 1881.

La Société médico-psychologique informe l'Académie qu'elle a pris l'initiative d'une souscription pour élever une statue à *Philippe Pinel*, sur la place de la Salpêtrière, à Paris.

MM. A. Borius, L. Faucher et Boutmy, J.-M. Gaugain, Lecoq de Boisbaudran, Le Roux adressent des remercîments à l'Académie, pour les distinctions dont leurs travaux ont été l'objet dans la dernière séance publique.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le deuxième fascicule du Tome II du « Traité élémentaire d'Entomologie », par M. *Maurice Girard;*

2° Un volume imprimé en anglais, et portant pour titre « Recherches expérimentales sur la température des régions de la tête », par M. *J.-S. Lombard;*

3° Deux volumes intitulés « Recueil de cas cliniques de maladies de la peau et syphilitiques », par M. *C. Manassei;*

4° Deux brochures de M. *U. Gayon,* intitulées « Sur un procédé nouveau d'extraction du sucre des mélasses », et « Notes diverses, fermentation des fruits, altérations des blés, etc. »

M. le **Ministre des Affaires étrangères** transmet à l'Académie une Lettre par laquelle le Consul de France en Écosse lui annonce que des diamants artificiels auraient été obtenus par M. *J. Ballantine Flannay*, à Glasgow.

M. **de Chancourtois** adresse, par l'entremise de M. Daubrée, plusieurs notices et propositions ayant pour but l'unification des travaux géographiques et géologiques.

A part les observations que M. Élie de Beaumont a déjà mentionnées en présentant la Carte géologique détaillée de la France ([1]), il en est qui ont été soumises au Congrès des sciences géographiques, tenu à Paris en 1875, et d'autres qui ont fait l'objet d'une conférence au Trocadéro, en 1878. M. de Chancourtois a réuni et coordonné ces documents, en vue des Congrès internationaux de Géographie et de Géologie qui doivent se réunir en Italie l'an prochain.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les intégrales de fonctions algébriques ;* par M. **A.-E. Pellet.**

« Soit $f(x,y)=0$ une équation algébrique de degré m en y. Supposons que l'intégrale $\int F(x,y)dx$, $F(x,y)$ désignant une fonction rationnelle de x et y, se ramène à l'intégrale d'une fonction rationnelle $\int \mathfrak{F}(t)dt$ par une substitution algébrique. La dernière se compose d'une partie rationnelle et d'une somme de termes de la forme $AL(t-A)$, A et a étant des constantes. On en déduit, d'après un théorème d'Abel, que t peut s'exprimer en fonction rationnelle de x et y. Soit

$$t = P_0 + P_1 y + P_2 y^2 + \ldots + P_{m-1} y^{m-1},$$

$P_0, P_1, \ldots, P_{m-1}$ étant des fonctions rationnelles de x.

» Effectuant la substitution dans $\int \mathfrak{F}(t)\,dt$, on voit que, pour que l'intégrale proposée $\int F(x,y)\,dx$ se ramène à l'intégration d'une fonction ration-

([1]) Séances des 21 juillet et 11 août 1873.

nelle par une substitution algébrique, il faut et il suffit que $F(x,y)$ puisse se mettre sous la forme

$$(P_0+P_1y+\ldots+P_{m-1}y^{m-1})\frac{(P'_0+P'_1y+\ldots+P'_{m-1}y^{m-1})\dfrac{\partial f}{\partial x}-\dfrac{\partial f}{\partial y}[P_1+2P_2y+\ldots+(m-1)P_{m-1}y^{m-1}]}{\dfrac{\partial f}{\partial y}},$$

$P'_0, P'_1, \ldots, P'_{m-1}$ désignant les dérivées des fonctions P par rapport à x. Si $f(x,y)=0$ représente une courbe unicursale, cette identification peut s'effectuer quelle que soit la fonction rationnelle $F(x,y)$. Mais, dans tous les cas, à un système de valeurs données pour $P_0, P_1, \ldots, P_{m-1}$ correspondra une classe de fonctions algébriques dont l'intégrale se ramène à l'intégrale d'une fonction rationnelle.

» Soit l'équation $y^2-\varphi(x^2)\psi(x^2)=0$, φ et $\psi(x^2)$ étant des polynômes entiers en x^2 et n'ayant pas de racines multiples. Prenons $t=\dfrac{x\sqrt{\psi(x^2)}}{\sqrt{\varphi(x^2)}}$, il vient

$$\int \mathfrak{F}\left(x\sqrt{\frac{\psi}{\varphi}}\right)\frac{(x^2\psi'+\psi)\varphi-x^2\varphi'\psi}{\varphi\sqrt{\varphi\psi}}\,dx=\int \mathfrak{F}(t)\,dt,$$

φ' et ψ' désignant les dérivées de φ et ψ par rapport à x^2.

» Prenons $t=\dfrac{\sqrt{f(x^2)}}{x}$, il vient

$$\int \mathfrak{F}\left(\frac{\sqrt{f}}{x}\right)\frac{x^2f'-f}{x^2\sqrt{f}}\,dx=\int \mathfrak{F}(t)\,dt,$$

f' désignant la dérivée de $f(x^2)$ par rapport à x^2. Ces formules comprennent comme cas particuliers celles qui ont été données par M. Hermite dans son Mémoire *Sur une formule d'Euler* (*Journal de M. Resal*, janvier 1880).

» On déduit facilement, d'un théorème de M. Liouville, que toute fonction algébrique dont l'intégrale peut s'exprimer à l'aide de fonctions algébriques et logarithmiques se décompose en une somme de fonctions, dont l'intégrale se ramène à l'intégrale d'une fonction rationnelle. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une classe de fonctions de plusieurs variables tirées de l'inversion des intégrales de solutions des équations différentielles linéaires dont les coefficients sont des fonctions rationnelles;* par M. L. FUCHS. (Extrait d'une Lettre adressée à M. Hermite.)

« De même que ces fonctions de plusieurs variables que l'on appelle *fonctions abéliennes* doivent leur naissance aux intégrales des fonctions algébriques, en concevant, d'après Jacobi, les limites supérieures de p intégrales d'une fonction algébrique convenablement choisie comme fonctions de la somme de ces intégrales et de $p-1$ autres sommes composées d'une manière semblable, de même on fait naître une nouvelle classe de fonctions de plusieurs variables, comme je le démontre dans mon Mémoire, si l'on part des intégrales des solutions des équations différentielles linéaires à coefficients rationnels comme fondement.

» Je me suis proposé d'abord le problème de rechercher la nature des intégrales d'une équation différentielle linéaire homogène de l'ordre m, en supposant possible de définir $z_1, z_2, \ldots, z_m$ comme fonctions analytiques des variables $u_1, u_2, \ldots, u_m$ par les m équations

$$\sum_1^m {}_i \int_{\zeta_i}^{z_i} f_a(z)\,dz = u_a \quad (a = 1, 2, \ldots, m),$$

où $\zeta_1, \zeta_2, \ldots, \zeta_m$ sont des constantes, $f_1(z), f_2(z), \ldots, f_m(z)$ un système fondamental de solutions de l'équation différentielle.

» J'ai complètement résolu ce problème pour les équations différentielles du second ordre, et je suis parvenu aux résultats suivants.

» 1. Étant donnée l'équation différentielle

$$\text{(A)} \qquad \frac{d^2y}{dz^2} + P\frac{dy}{dz} + Qy = 0,$$

où P, Q signifient des fonctions rationnelles de z, soit $f(z)$, $\varphi(z)$ un système fondamental arbitraire de solutions de cette équation; que l'on définisse z_1, z_2 comme des fonctions des variables u_1, u_2 par les équations

$$\text{(B)} \quad \int_{\zeta_1}^{z_1} f(z)\,dz + \int_{\zeta_2}^{z_2} f(z)\,dz = u_1, \quad \int_{\zeta_1}^{z_1} \varphi(z)\,dz + \int_{\zeta_2}^{z_2} \varphi(z)\,dz = u_2.$$

En supposant z_1, z_2 fonctions analytiques de u_1, u_2 et en posant

$$z_1 = F_1(u_1, u_2), \quad z_2 = F_2(u_1, u_2),$$

on obtient tout d'abord la propriété suivante de ces fonctions,

$$\text{(C)} \quad \begin{cases} F_1(\alpha_{11}u_1 + \alpha_{12}u_2 + \gamma_1 c,\ \alpha_{21}u_1 + \alpha_{22}u_2 + \gamma_2 c) = F_1(u_1, u_2), \\ F_2(\alpha_{11}u_1 + \alpha_{12}u_2 + \gamma_1 c,\ \alpha_{21}u_1 + \alpha_{22}u_2 + \gamma_2 c) = F_2(u_1, u_2), \end{cases}$$

où l'on désigne par c une constante, par α_{11}, α_{12}, α_{21}, α_{22} les éléments d'une substitution

$$\begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \end{pmatrix}$$

à laquelle on doit assujettir $f(z)$, $\varphi(z)$ lorsque la variable part d'une valeur et y revient en décrivant un contour fermé, et γ_1, γ_2 étant des quantités déterminées relatives à ce contour.

» Les fonctions F_1, F_2 reprennent d'ailleurs en général les mêmes valeurs pour d'autres systèmes de valeurs de u_1, u_2 en nombre infini.

» 2. Soit a_i un point singulier de l'équation (A); soient $r_1^{(i)}$, $r_2^{(i)}$ les racines de l'équation fondamentale déterminante pour le point a_i, soient, en outre, s_1, s_2 les racines de l'équation fondamentale déterminante pour $z = \infty$. Je détermine d'abord ces racines de manière que, lorsque u_1, u_2 acquièrent des valeurs pour lesquelles, des deux valeurs a, b que reçoivent respectivement les quantités z_1, z_2, l'une coïncide avec un point singulier ou l'une et l'autre avec deux points singuliers différents entre eux, sans que l'équation

$$\text{(D)} \qquad \frac{f(z_2)}{\varphi(z_2)} - \frac{f(z_1)}{\varphi(z_1)} = 0$$

soit satisfaite par $z_1 = a$, $z_2 = b$, les dérivées partielles de z_1 et z_2 deviennent fonctions holomorphes de z_1, z_2 dans le voisinage de $z_1 = a$, $z_2 = b$.

» Il est à remarquer que l'on comprend ici le point $z = \infty$ parmi les points singuliers.

» D'ailleurs, je fais la détermination de manière que, pour des systèmes de valeurs finies de u_1, u_2, z_1, z_2 peuvent acquérir les valeurs indiquées.

» Voici, à cet effet, les conditions nécessaires et suffisantes :

$$\text{(E)} \quad \begin{cases} r_1^{(i)} = -1 + \dfrac{1}{n_i}, \quad r_2^{(i)} = -1 + \dfrac{k_i}{n_i}, \quad k_i > 1, \\ k_i,\ n_i \text{ des nombres entiers et positifs ;} \\ s_1 = 1 + \dfrac{1}{n}, \quad s_2 = 1 + \dfrac{k}{n}, \quad k > 1, \\ k,\ n \text{ des nombres entiers et positifs.} \end{cases}$$

» Je fais voir alors que les quantités $r_1^{(i)}$, $r_2^{(i)}$, s_1, s_2 peuvent être déterminées, en outre, de manière que, par l'équation

$$\text{(F)} \qquad \frac{f(z)}{\varphi(z)} = \zeta,$$

z se définisse comme fonction monodrome de ζ, et que, partant, l'équation (D) ne puisse être satisfaite que pour $z_1 = z_2$. Les conditions qui sont alors nécessaires et suffisantes sont les suivantes :

$$r_2^{(i)} = r_1^{(i)} + 1 \quad \text{ou} \quad k_i = 2 \quad \text{et} \quad s_2 = s_1 + 1 \quad \text{ou} \quad s_1 = 1 + \frac{1}{n}, \quad s_2 = 1 + \frac{2}{n},$$

en ajoutant la condition que le développement d'une intégrale de l'équation (A) dans le voisinage d'un point singulier ne contienne pas de logarithmes.

» Je démontre ensuite que, si

$$\text{(G)} \qquad \begin{cases} r_1^{(i)} = -1 + \dfrac{1}{n_i}, \quad r_2^{(i)} = -1 + \dfrac{2}{n_i} \quad \text{ou} \quad r_1^{(i)} = -\dfrac{1}{2}, \quad r_2^{(i)} = \dfrac{1}{2}, \\ s_1 = \dfrac{3}{2}, \quad s_2 = \dfrac{5}{2} \quad \text{ou} \quad s_1 = 1 + \dfrac{1}{n}, \quad s_2 = 1 + \dfrac{2}{n}, \end{cases}$$

la condition étant en outre remplie que le développement d'une intégrale de l'équation (A) dans le voisinage d'un point singulier ne contienne pas de logarithmes, z_1, z_2 sont des racines d'une équation du second degré dont les coefficients sont des fonctions analytiques et monodromes de u_1, u_2. »

PHYSIQUE. — *Analyse des phénomènes lumineux produits par les décharges électriques, dans les gaz raréfiés.* Note de M. E. **Fernet**, présentée par M. Jamin.

« Les gaz offrent cet avantage pour l'étude du mécanisme de la décharge électrique, que la lumière produite en telles ou telles régions peut fournir une indication sur le passage de l'électricité. Mais, pour tout phénomène ayant une durée moindre que celle de la persistance des impressions lumineuses, chaque point de l'espace nous apparaît avec un éclat qui est la résultante de ceux qu'il a successivement acquis. Ce sont ces considérations qui m'ont conduit à employer la méthode suivante, pour analyser la décharge dans un cas particulier, celui des gaz raréfiés. J'indiquerai seulement ici le principe de la méthode, et quelques-uns des résultats déjà obtenus.

» Un gros tube vertical, à chacune des extrémités duquel sont soudés des fils servant à faire passer les décharges d'une bobine de Ruhmkorff, est mis en communication permanente avec une pompe de Geissler : on peut ainsi étudier les transformations du phénomène, sans faire varier, d'une expérience à une autre, d'autre condition que la pression. Ce tube est placé derrière un écran, dans lequel est pratiquée une fente verticale. En regard de la fente, est installé un miroir tournant, mû par une petite turbine, et dont l'axe de rotation est également vertical : le déplacement de l'image vue dans le miroir permettra d'observer, sans superpositions, les apparences successives qu'offriront les points du tube laissés libres par la fente.

» Dès que la raréfaction est suffisante pour permettre le passage du courant induit *inverse*, correspondant à la fermeture du circuit inducteur, aussi bien que du courant induit *direct*, correspondant à la rupture, on voit apparaître dans le miroir deux images, d'autant plus étalées que la rotation est plus rapide, et présentant des dispositions inverses. Si l'on imagine chacune de ces images décomposée en petites bandes verticales, de même largeur que la fente, ces bandes successives représentent les aspects successifs de la fente, pendant la durée d'une décharge (1).

» Les trois figures ci-jointes, qui correspondent à trois expériences faites sous des pressions différentes, montrent, au pôle négatif de chacun des deux courants, une lueur bleue, dont la hauteur est égale à celle du fil négatif, et dans laquelle l'étalement dû à la rotation du miroir ne produit *aucune discontinuité*. Au niveau de l'extrémité du pôle positif apparaît le plus souvent, mais non pas d'une manière constante, une série de ponctuations rougeâtres, distribuées sur une ligne horizontale, et accusant la discontinuité, dans le temps, du phénomène lumineux en ce point.

» Enfin, et c'est là le phénomène auquel je m'attacherai spécialement, l'espace compris entre les deux pôles présente une série de courbes brillantes, séparées par des intervalles obscurs. On voit que chacune de ces courbes, si on la suppose rapportée à deux axes coordonnés, l'un horizontal, l'autre vertical, représente le mouvement d'un même point lumineux, pendant la durée de la décharge : la variation de distance des points de la courbe à l'axe horizontal représente le déplacement du point lumineux; la variation de distance à l'axe vertical représente le temps correspondant à ce déplacement. L'examen de la courbe peut même fournir

---

(1) Dans les figures ci-après, c'est le côté gauche qui correspond au commencement du phénomène, et l'étalement se produit de gauche à droite. La partie supérieure correspond au pôle négatif pour le courant de fermeture, au pôle positif pour le courant de rupture.

la vitesse du point lumineux à chaque instant : cette vitesse est d'autant plus petite, que l'angle formé avec l'horizontale par la tangente menée au point correspondant est plus petit lui-même ([1]).

» Voici maintenant les particularités observées sous diverses pressions.

» La *fig.* 1 représente les images fournies par les deux décharges, l'une



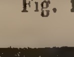
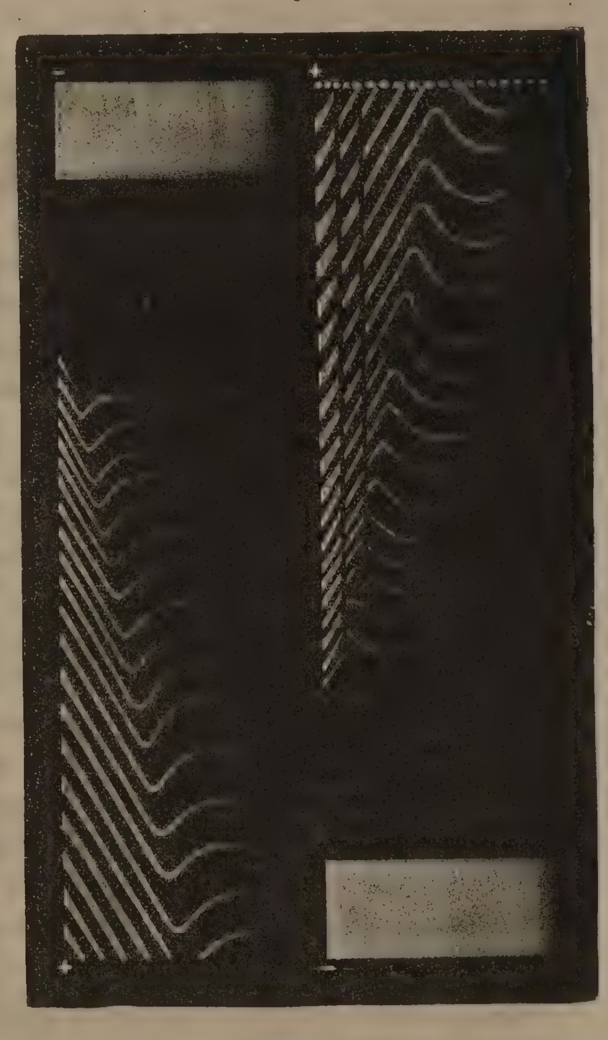


Fig. 1.



Fig. 2.



directe, l'autre inverse, pour une pression de 5^{mm} à 6^{mm}, alors que l'observation du tube à la vue simple ne donne qu'une lueur diffuse et plus ou moins irrégulière, sans stratifications nettement perceptibles. Ces images montrent que chacune des deux décharges produit, dans tout l'espace

---

([1]) Pour obtenir une évaluation numérique de la vitesse à chaque instant, il suffira de déterminer, avec précision, le coefficient angulaire de la tangente au point correspondant, et la vitesse de rotation du miroir.

qui sépare les pôles, excepté au voisinage du pôle négatif, une illumination que l'on peut considérer comme instantanée. A l'instant immédiatement suivant, et pendant tout le reste de la durée de la décharge, la lumière n'apparaît plus qu'en des points discontinus, distribués à peu près régulièrement sur une même verticale. Les courbes montrent que chacun de ces points est animé, jusqu'à l'instant où la lumière cesse, d'un mouvement qui l'éloigne du pôle négatif.

La *fig.* 2 représente le phénomène pour une pression de 1^{mm} à 2^{mm}, alors que, à la vue simple, apparaissent çà et là dans le tube quelques stratifications. Dans chacune des deux décharges, la discontinuité du phénomène lumineux semble se produire dès le premier instant; dans les instants suivants, les points lumineux se déplacent d'abord en s'éloignant du pôle négatif, comme dans l'expérience précédente; mais, ce qui est particulièrement digne de remarque, c'est qu'à ce mouvement succède un mouvement de sens contraire, c'est-à-dire du pôle positif vers le pôle négatif, et enfin un troisième mouvement, dans le sens initial. Les courbes montrent que chacun de ces changements de sens ne se produit pas à un même instant pour les divers points lumineux, mais d'autant plus tard que l'on considère des points plus éloignés du pôle négatif ([1]).

» Enfin, la *fig.* 3 représente les images obtenues avec une pression de un demi-millimètre environ, au moment où les stratifications apparaissent nettement à la vue simple. Chacune des tranches lumineuses discontinues est encore animée successivement de mouvements en sens inverses, mais

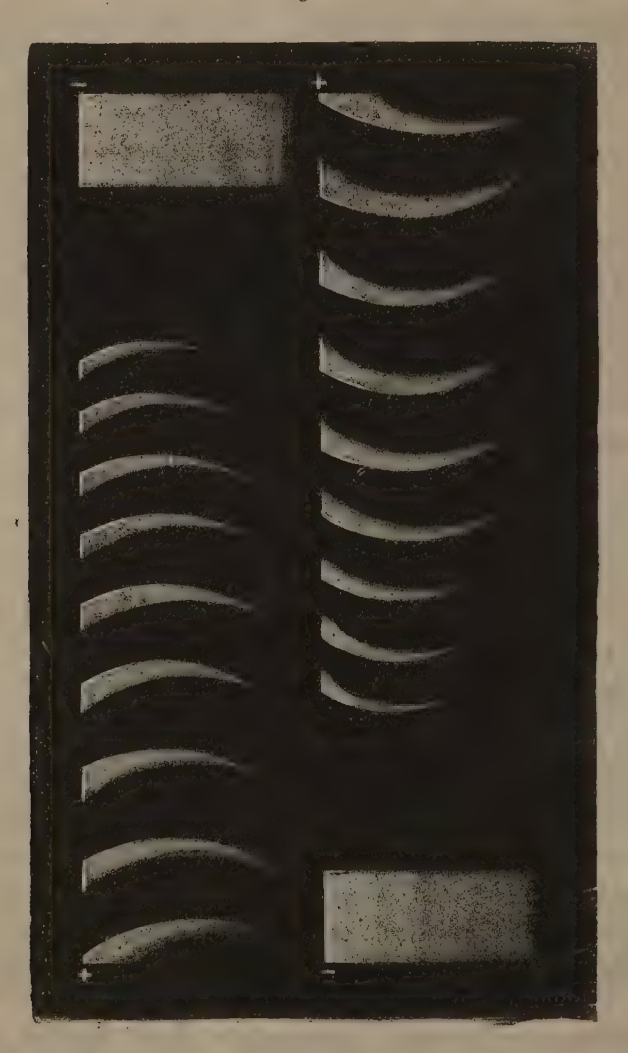
---

([1]) Je dois signaler ici une particularité que j'ai fréquemment observée. L'une ou l'autre des deux images, et particulièrement celle qui correspond au courant de rupture, est parfois sillonnée de lignes obscures, *verticales,* sans qu'il en résulte de modification appréciable dans la forme ni dans la position des courbes brillantes qu'elles traversent (on a figuré deux de ces lignes obscures sur la seconde image de la *fig.* 2). En d'autres termes, tous les points lumineux en mouvement paraissent s'éteindre brusquement *à un même instant,* pour se rallumer à l'instant suivant, et dans la position même où les aurait amenés la continuation du mouvement antérieur. Ces lignes obscures s'observent surtout lorsque, après avoir conservé pendant longtemps un même sens aux courants inducteurs, on intervertit brusquement ce sens, au moyen du commutateur de la bobine : les traits noirs apparaissent alors très nombreux, mais leur nombre diminue progressivement, si l'on continue l'expérience sans changer le sens des courants inducteurs. Bien que j'aie déjà quelques données sur les conditions dans lesquelles se produit ce phénomène particulier, je ne puis les indiquer encore d'une manière absolument précise. J'ajouterai seulement que ces lignes obscures paraissent se prolonger avec des traits verticaux lumineux, mais à peine visibles, qui traversent alors l'espace obscur situé du côté du pôle négatif.

le mouvement initial semble se produire plutôt du pôle positif vers le pôle négatif, comme le montre la forme des courbes.

» Il serait sans doute prématuré de chercher à donner une interprétation de ces faits, avant d'avoir effectué les mesures qui pourront servir à les préciser, et aussi avant d'avoir étudié l'influence que peuvent avoir les

Fig. 3.



diverses conditions du phénomène, et en particulier les conditions électriques : c'est cette étude que je compte poursuivre. Mais, en me bornant à la traduction des faits eux-mêmes, je présenterai, dès à présent, les remarques suivantes.

» 1° L'observation directe, à la vue simple, fait apparaître chacun des points de l'espace avec un éclat d'autant plus grand, que ce point est rencontré un plus grand nombre de fois par les tranches lumineuses

dont l'analyse précédente manifeste le mouvement, et aussi selon que ces tranches le traversent avec une vitesse moindre. Ainsi, en supposant que les conditions soient celles qui donnent dans le miroir les images de la *fig*. 2 ou de la *fig*. 3, on voit que *le courant direct seul* doit produire, à la vue simple, pour les points du tube qui correspondent aux tangentes horizontales des courbes, un éclairement plus grand que dans les points voisins, puisque les vitesses de translation des tranches lumineuses, éprouvant un changement de signe de part et d'autre de ces points, prennent une valeur nulle à l'instant où elles y parviennent. On doit donc observer, avec ce courant seul, des stratifications brillantes en ces points. Le *courant inverse seul* doit donner également, à la vue simple, des stratifications dont la position sera donnée de la même manière [1]. Selon que ces deux systèmes de stratifications différentes concorderont ou offriront une discordance plus ou moins grande, l'alternance rapide des deux espèces de décharges donnera une apparence stratifiée plus ou moins nette ou plus ou moins confuse.

» 2° Le phénomène intéressant à étudier, au point de vue du mécanisme de la décharge, c'est celui que donne une analyse permettant de séparer, par une méthode du genre de la précédente, les phénomènes qui se succèdent, en un temps très court, en chaque point de l'espace [2]. »

PHYSIQUE. — *Sur les lois thermiques des étincelles électriques, produites par les décharges ordinaires, incomplètes et partielles des condensateurs.* Note de M. E. **Villari** [3], présentée par M. Jamin.

« Dans une Note précédente [4], j'ai exposé les lois que suit la chaleur développée par une étincelle qui se produit dans l'interruption du circuit d'une batterie, sans tenir compte de celle qui se produit par l'étincelle contre le déchargeur. Dans la Note actuelle j'étudie, au contraire, la chaleur totale

(1) J'avais déjà montré moi-même (*Comptes rendus*, 1865, t. LXI, p. 257) que les stratifications produites par la méthode ordinaire, et observées dans un miroir tournant, se décomposent en deux systèmes, correspondant chacun à l'un des courants induits.

(2) Ces recherches ont été faites au laboratoire de recherches physiques de la Sorbonne, dont M. Jamin a bien voulu mettre les ressources à ma disposition. Je dois aussi des remercîments à M. Blondlot, qui m'a fourni un utile concours pour l'installation et la disposition des expériences.

(3) Villari, *Accademia dei Lincei* (1878-79); Roma, 1879.

(4) *Comptes rendus*, même tome, p. 89.

des deux étincelles qui se produisent dans les décharges *ordinaires, incomplètes* et *partielles* des condensateurs.

» En entreprenant ces nouvelles recherches, j'ai commencé à examiner le phénomène en me mettant dans le cas de la plus grande simplicité possible; c'est pourquoi j'ai mesuré la chaleur totale développée par la décharge d'une batterie lorsqu'elle produisait seulement deux étincelles : une première dans un point quelconque du circuit, et la seconde contre le déchargeur. Les fils du circuit étaient de cuivre et d'une grosseur de 5^{mm}; leur longueur était de quelques mètres, aussi ne s'échauffaient-ils pas sensiblement. Pour mesurer ensuite la chaleur développée par les deux étincelles, je faisais produire la première dans un thermomètre à étincelle, et la seconde dans un appareil que j'ai construit et nommé *thermomètre déchargeur*. Il était semblable au thermomètre à étincelle et parfaitement isolé, mais ses électrodes, à l'intérieur du ballon, étaient dénouées et mobiles, de sorte que, par des mouvements convenables du thermomètre, elles pouvaient venir en contact et fermer le circuit, ou s'éloigner entre elles et l'interrompre, de manière qu'on peut dire que ce thermomètre consistait en un déchargeur contenu dans un thermomètre à étincelle, dans lequel la chaleur développée par l'étincelle était mesurée par le déplacement de la colonne de glycérine. Cela admis, les expériences ont été faites de la manière suivante.

» On chargeait une batterie de bouteilles avec une quantité constante d'électricité et ensuite, après avoir introduit les deux thermomètres dans le circuit, on établissait la communication par un mouvement convenable du thermomètre déchargeur et l'on excitait ainsi la décharge ordinaire de la même batterie. La chaleur produite dans les thermomètres par les étincelles était mesurée par les déplacements des colonnes respectives de glycérine. On a exécuté ainsi une longue série de mesures en faisant successivement varier de o au maximum la distance des deux électrodes, et en conséquence la longueur de l'étincelle, dans le thermomètre à étincelle. Ensuite on répétait les mêmes expériences en mesurant la dilatation de l'air dans les ballons et par suite son échauffement produit par les étincelles, au moyen des capsules ou tambour à levier de M. Marey, que je substitue au tube de verre et à la colonne de glycérine de chaque thermomètre ; j'ai obtenu par cette méthode sur le verre noirci de très belles figures, représentant graphiquement le phénomène que j'avais étudié.

» Au moyen de ces mesures, et en expérimentant avec les plus grands soins, j'ai trouvé les lois suivantes, relatives à la chaleur totale développée par la décharge d'une quantité constante d'électricité.

» Première loi. — *Lorsque dans un arc conducteur se forment deux étincelles, dont l'une est contre le déchargeur, la somme des chaleurs produites par elles est constante.*

» Deuxième loi. — *La somme des longueurs des deux étincelles* (dont l'une est contre le déchargeur) *est constante.*

» Par conséquent :

» Troisième loi. — *La résistance électrique totale que les deux étincelles rencontrent dans le gaz où elles se forment est constante.* Par suite, on en déduit encore la loi suivante :

» Quatrième loi. — *La quantité d'électricité qui constitue la décharge d'un condensateur est* (toutes choses égales d'ailleurs) *constante, quelle que soit la longueur d'une des deux étincelles* (y compris celle qui est contre le déchargeur) *qui se forment dans la décharge même.*

» Après ces recherches, j'ai comparé de nouveau les effets thermiques des décharges *ordinaires, incomplètes* et *partielles* des condensateurs, et, en mesurant dans chaque cas toute la chaleur produite par ces décharges, j'ai été amené naturellement à la conclusion suivante.

» En appelant C la chaleur totale produite par la décharge *ordinaire* d'un condensateur, sa décharge *incomplète* dans un condensateur égal produit une quantité de chaleur exprimée par $\frac{1}{1}$ C, et chacune des deux décharges *partielles* en développe $\frac{1}{4}$C ; par suite, les trois décharges successives produisent une quantité de chaleur exprimée par $\frac{1}{2}C + \frac{1}{4}C + \frac{1}{4}C = C$, c'est-à-dire égale à celle qui est produite par la décharge ordinaire totale.

» En outre, par la comparaison entre la chaleur totale C produite par la décharge ordinaire d'une batterie et celle ($\frac{1}{4}C + \frac{1}{4}C = \frac{1}{2}C$) produite par les deux décharges partielles de la même quantité d'électricité accumulée dans les deux batteries, on obtient la loi suivante :

» Cinquième loi. — *La chaleur totale développée par les différentes étincelles d'une décharge d'un condensateur est en raison inverse de sa surface.*

» Cette loi, qui est analogue à l'une des lois découvertes par Riess, relatives à l'échauffement des fils métalliques, établit une analogie entre les lois de la chaleur totale produite par les étincelles et celle qui se développe dans les fils traversés par les décharges; en même temps, elle établit une différence énorme entre les lois de la chaleur produite par une seule étincelle qui a lieu par le circuit et les lois relatives à la quantité totale de chaleur développée par les deux étincelles qui se produisent dans la décharge du condensateur, dans les conditions déterminées dans cette Note. Cette différence conduit à d'autres phénomènes et à des considérations importantes, qui formeront le sujet d'une prochaine Communication. »

PHYSIQUE. — *Sur un cas de polarité rémanente de l'acier opposée à celle de l'hélice magnétisante qui la produit.* Note de M. **Aug. Righi**, présentée par M. Jamin.

« On sait que le rapport entre le magnétisme rémanent et le magnétisme temporaire d'une barre d'acier enveloppée par une bobine magnétisante devient de plus en plus petit si la barre est de plus en plus courte et grosse. Or, à ce propos, une théorie générale des phénomènes magnétiques, dont je m'occupe depuis quelque temps, m'a conduit à une étrange conséquence, qui est en opposition avec les faits connus, mais que l'expérience a confirmée de tout point. Voici la conséquence : *Si l'on prend des barres d'un même acier et de même diamètre, mais de longueurs décroissantes, on doit arriver à une certaine longueur qui ne donne pas de magnétisation, pendant qu'avec des longueurs moindres on doit obtenir une polarité rémanente opposée à celle de la bobine.*

» Je me bornerai, quant à présent, à indiquer ce fait inattendu. Il n'est pas difficile de vérifier que toute barre d'acier recuit, dont la longueur est un peu plus grande que le diamètre, présente le phénomène de la magnétisation inverse. Voici toutefois les dimensions d'un de mes appareils et quelques détails pratiques qui assurent la réussite de l'expérience. On prend une barre d'acier recuit, extrêmement brachypolaire, selon la dénomination de M. Jamin, soit longue de $0^m,050$ et ayant $0^m,030$ de diamètre. On l'entoure par une bobine d'à peu près même longueur, formée de fil de $0^{mm},5$, et d'environ $0^m,050$ de diamètre extérieur. Deux ou trois couples Bunsen sont suffisants. Pour étudier la polarité, on se sert du système mobile d'un galvanomètre à réflexion, ou, pour des expériences démonstratives, d'une petite boussole ayant son aiguille très mobile et une longueur de quelques millimètres. On ferme le courant dans un godet de mercure, et, après l'avoir ouvert, on approche la barre, tenue perpendiculaire au méridien, à l'aiguille ou au galvanomètre. Ces détails ne sont pas inutiles, car il est possible d'obtenir dans la barre la polarité dans le sens ordinaire en opérant d'une manière particulière.

» Si le courant est très fort, le phénomène de la polarité anomale ne se produit qu'après avoir magnétisé la barre, quelquefois dans les deux sens. Tout cela a été prévu avant l'expérience, et j'en réserve l'explication complète pour le travail annoncé plus haut. »

PHYSIQUE. — *Sur la photographie du spectre solaire.* Note de M. E. CONCHE, présentée par M. Desains.

« Dans le mois de février 1879, M. Ch. Cros présenta à l'Académie un résumé des recherches relatives à l'action que différentes lumières colorées peuvent exercer sur une couche de bromure d'argent imprégnée de matières colorantes organiques. A l'occasion de cette Communication, on déposa sur le bureau des épreuves destinées à manifester les différences des actions photographiques que des rayons prismatiques exercent sur des plaques sensibilisées avec des teintures différentes. La source de lumière employée pour faire ces épreuves était une lampe Drummond. L'appareil réfringent était en flint; le prisme avait 60° d'angle. Lorsqu'on interposait sur le trajet des rayons un verre au didyme, on obtenait sur la plaque les bandes d'absorption si caractéristiques de ce curieux métal.

» Ces photographies avaient été faites au laboratoire d'enseignement de Physique, à la Sorbonne, en janvier et février 1879. Dans les mois suivants, M. E. Conche, en profitant des indications de M. Cros, fit un grand nombre d'expériences sur la photographie du spectre solaire. Les épreuves qu'il publia en juillet dernier donnent, sur une étendue de $0^{m},16$ environ, un spectre commençant à la raie A, se prolongeant jusqu'au violet, et dans lequel on peut compter à l'œil plus de cent cinquante raies. Ces épreuves sont actuellement utilisées, au laboratoire, dans tous les exercices relatifs à la Spectroscopie. Depuis l'époque où elles sont ainsi entrées dans le domaine de l'enseignement, M. Conche a continué ses recherches, et les clichés qu'il présente aujourd'hui à l'Académie donnent la prolongation du spectre jusque dans la région obscure symétrique du vert bleu par rapport au rouge extrême. Les plaques employées sont simplement des plaques à la gélatine bromurée du commerce. Seulement, il faut une pose suffisante, et d'autant plus longue que l'on veut s'avancer plus loin dans la région obscure. Les raies ainsi obtenues sont nombreuses et se groupent à l'œil en plusieurs paquets principaux, formant des sortes de bandes caractéristiques. Il est facile de mesurer leurs distances à la raie D; on connaît, d'autre part, celles qui, dans l'expérience photographique, séparaient le prisme de la plaque et la lentille objective. Avec ces données, on peut calculer les distances angulaires de la raie D à chacune des bandes dont il s'agit et, par suite, comparer les résultats obtenus photographiquement à ceux que

l'emploi des thermoscopes a fourni depuis plusieurs années, touchant la position des principales bandes froides des spectres obscurs. »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la densité de l'iode à des températures élevées.* Note de MM. **J.-M. Crafts** et **F. Meier**, présentée par M. Friedel.

« M. Henri Sainte-Claire Deville a non seulement été le premier à étudier les densités des corps à une très haute température, mais il a su pénétrer au fond de la question dans ses études sur la dissociation et nous révéler la cause de beaucoup de cas de densités anomales. Dans les travaux de MM. Deville et Troost, la densité de l'iode est déterminée comme normale à 860° et 1040° et sert comme point de comparaison pour la mesure des autres densités. M. V. Meyer trouve, au contraire, la densité de l'iode anomale à partir de 590°. Le désaccord qui semble exister entre ces résultats nous a déterminés à contribuer à l'étude de ce sujet, en nous servant d'un procédé différent pour la mesure des températures et d'un appareil modifié pour les déterminations de densité. M. Victor Meyer a eu l'extrême obligeance de nous communiquer quelques détails sur son procédé, afin de faciliter la comparaison des deux séries de résultats.

» La détermination précise de la température nous a paru de la plus grande importance; voici les motifs qui nous ont conduits à ne pas nous servir de la méthode calorimétrique dans ces expériences : 1° la difficulté de retrouver dans une expérience de densité une température précisée par un essai calorimétrique. M. V. Meyer, en réglant la combustion du gaz dans un fourneau Perrot au moyen d'un robinet gradué, détermine et mesure une série de températures qui correspondent avec un débit connu de gaz. Nous avons mesuré avec un compteur la quantité de gaz brûlée par minute dans un grand nombre d'expériences, et nous avons reconnu que la température varie très notablement avec le tirage, de sorte qu'il faudrait, pour fixer la température, pouvoir mesurer en même temps la quantité d'air qui traverse le fourneau; mais une évaluation, même approximative, de cette quantité est très difficile et l'on ne peut pas être sûr par ces moyens de pouvoir établir à volonté une température donnée. 2° Les données fondamentales de la méthode calorimétrique ne sont pas encore très bien établies pour les très hautes températures, et il faudrait des expériences directes pour constater qu'un bloc de platine, chauffé, comme M. Meyer l'a fait, dans un cylindre de fer doux, prend une température égale à celle d'un cylindre

en porcelaine émaillé, chauffée à flamme nue dans la même enceinte. Il nous paraît douteux que toutes les parties d'un cylindre chauffé à flamme nue prennent une température égale, et dans toutes les expériences suivantes nous avons entouré le cylindre d'un moufle en fer ou en terre cuite.

» Nous nous sommes servis, pour la mesure des températures, d'une forme de thermomètre à air décrite dans une Note présentée à la dernière séance de l'Académie, et les expériences de densité ont succédé immédiatement aux déterminations de température; l'appareil, à cette fin, a été transformé par des ajutages très simples en un thermomètre à air de la forme ordinaire à pression constante. On ferme hermétiquement, après avoir introduit le vase contenant la substance qui doit se volatiliser, et, à un moment donné, on fait tomber le vase de la partie froide dans la partie chaude du thermomètre et on lit l'augmentation de volume.

» L'iode a été purifié par des précipitations fractionnées de sa dissolution dans l'iodure de potassium, en suivant exactement les prescriptions de M. Stas. Nous donnons dans les trois premières colonnes de la Table suivante les résultats obtenus à différentes températures par M. Meyer, aussi bien que les nôtres, qui constituent la seconde moitié de la Table; mais nous avons déjà développé les raisons qui nous font croire que les deux séries de mesures de température ne sont pas strictement comparables. Les colonnes $\frac{D'}{D}$ donnent les rapports entre les densités trouvées et la densité théorique de l'iode, qui égale 8,786.

Température.	Densité.	$\frac{D'}{D}$.	Température.	Densité.	$\frac{D'}{D}$.
450°	8,84, 8,85		445°	8,70, 8,78, 8,75	
586	8,73, 8,71, 8,71	0,99	830-880	8,04, 8,11	0,92
842	6,68, 6,80, 6,80	0,77	1020-1050	7,02, 7,18, 6,83	0,80
1030	5,75, 5,74	0,66	1275	6,07, 5,57	0,66
1570	5,60, 5,67, 5,71, 5,81	0,65	1390	5,23, 5,33	0,60

» Les chiffres de M. V. Meyer sont tirés d'une Communication publiée dans le dernier numéro du *Bulletin de la Société chimique de Berlin*. M. Meyer conclut de ses observations que l'iode se dissocie de la même manière que le chlore dégagé du chlorure de platine, que vers 1000° la densité se réduit à 0,66 de la densité normale pour rester constante à ce chiffre jusqu'à 1570°, qu'il regarde comme la plus haute température du fourneau Perrot. Nous évaluons cette même température à moins de

1400°, et à ce point nous trouvons une densité de l'iode inférieure aux deux tiers, qui seraient, suivant M. Meyer, la limite extrême de la dissociation. Nous trouvons la diminution de densité progressive sans point d'arrêt à partir de 600° jusqu'à la limite de nos observations, et nous supposons qu'à une plus haute température la densité peut devenir moitié de la densité normale. En d'autres termes, si la cause de la diminution est une dissociation, on peut admettre que la molécule I^2 tend à se séparer en 2 atomes.

» Nous espérons que des expériences ultérieures permettront de dresser une courbe qui exprimera avec une exactitude suffisante la relation entre la densité et la température, et les résultats obtenus avec les halogènes laissent entrevoir la possibilité de trouver un rapport entre la densité anomale et le poids atomique, rapport qu'il conviendrait de chercher aussi dans les autres groupes périodiques des éléments.

» Nous admettons que la densité est normale pour le chlore jusqu'à 1350°, décidément anomale pour l'iode et probablement intermédiaire pour le brome.

» Dans sa dernière Communication, M. Meyer développe des hypothèses qu'il fait pour expliquer la divergence entre ses résultats et ceux de MM. Deville et Troost, en supposant que la vaporisation rapide et la présence d'un gaz permanent peuvent favoriser la dissociation de l'iode. Nous ne voulons pas discuter ici la première de ces vues, d'autant plus que la seconde nous a paru très probablement suffisante pour expliquer les petites différences entre la densité que nous trouvons pour l'iode à 860° et 1040° et les chiffres de MM. Deville et Troost, et, avant d'avoir connaissance de la Note de M. Meyer, nous avons fait remarquer, à la Société chimique, que le rapprochement ingénieux fait par M. Deville entre les phénomènes d'ébullition et de dissociation pourrait donner la clef pour la solution du problème. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode de production de l'acétal.* Note de MM. R. Engel et de Girard, présentée par M. Wurtz.

« En faisant passer un courant d'hydrogène phosphoré non spontanément inflammable dans une solution éthérée d'aldéhyde convenablement refroidie, nous avons obtenu une petite quantité de cristaux blancs, solubles dans l'eau et qui renferment les éléments de l'hydrogène phosphoré.

» Dans l'espoir d'obtenir un meilleur rendement, qui nous permît d'étu-

dier cette matière, nous avons dissous de l'aldéhyde dans un peu plus de son volume d'alcool absolu et nous avons fait passer dans le mélange, pendant trois jours consécutifs, un courant d'hydrogène phosphoré. Le mélange fut en même temps refroidi à — 40° pendant plusieurs heures, puis à — 21° pendant toute la durée de l'opération. Il n'y eut pas dépôt de cristaux; mais l'eau sépara du mélange un liquide qui, après plusieurs lavages et dessiccation sur le chlorure de calcium, fut soumis à la distillation fractionnée.

» On obtint ainsi plusieurs produits passant au-dessous de 70°, puis le thermomètre s'éleva rapidement jusqu'à 102° environ et resta alors presque stationnaire.

» En recueillant séparément le produit passant à cette température et en le soumettant à une nouvelle distillation fractionnée, nous obtînmes un liquide bouillant vers 104°, d'une odeur éthérée particulière, ne renfermant pas de phosphore et jouissant de plus des propriétés suivantes.

» Il est peu soluble dans l'eau. Sa solution aqueuse, saturée à froid, se trouble sous l'influence d'une élévation de température, et le liquide plus léger que l'eau se sépare. Il est soluble dans l'éther et dans l'alcool et dissout lui-même l'iode, la toluidine, l'aniline.

» Traité par un mélange de bichromate de potassium et d'acide sulfurique, il s'oxyde en dégageant des vapeurs d'aldéhyde. L'acide sulfurique le dissout, puis le colore rapidement en brun. L'acide chlorhydrique le dissout également, et à chaud le colore en brun, en même temps qu'il se forme du chlorure d'éthyle. Il ne réduit pas l'azotate d'argent ammoniacal comme l'aldéhyde et n'est pas altéré par la potasse.

» Tous ces caractères sont ceux de l'acétal. Pour démontrer plus complètement que le produit que nous avions obtenu n'était autre chose que de l'acétal, nous avons pris la densité du liquide et celle de sa vapeur. Voici les résultats obtenus :

Densité du liquide prise à 13°	0,829	
Densité de l'acétal prise à 18°	0,825	(Stas)
Densité de l'acétal prise à 22°,4	0,821	(Stas)
Densité de vapeur du liquide : trouvé	4,3	
Densité de vapeur de l'acétal : trouvé	4,24	(Stas)
Densité de vapeur de l'acétal (théorique)	4,08	

» En faisant passer un courant d'hydrogène phosphoré dans un mélange d'alcool et d'aldéhyde à froid, on obtient donc de l'acétal. Le rendement est très considérable.

» L'expérience a été répétée et a donné les mêmes résultats. Un mélange d'alcool et d'aldéhyde n'a pas donné d'acétal, après avoir été soumis pendant un temps égal à l'action du froid. L'hydrogène phosphoré intervient donc dans la production de l'acétal.

» Parmi les produits les plus volatils, on a constaté l'odeur de l'éther ordinaire.

» Les vapeurs d'acétal ont une action énergique sur l'économie, mais n'amènent pas l'anesthésie.

» Il est probable que les basses températures auxquelles nous avons opéré ne sont pas nécessaires. Dans un prochain travail, l'un de nous fera connaître les résultats d'expériences faites à diverses températures et précisera les conditions les plus favorables à la préparation de l'acétal par ce procédé. »

THERMOCHIMIE. — *Chaleurs spécifiques des solutions de potasse et de soude.* Note de M. **Hammerl**, présentée par M. Berthelot.

« J'ai entrepris de mesurer les chaleurs spécifiques des solutions concentrées de potasse et de soude, quantités qui se présentent dans diverses observations thermochimiques.

» La méthode employée est celle de M. Berthelot (*Essai de Mécanique chimique*, t. I, p. 275). La solution contenue dans une bouteille de platine a été maintenue au préalable pendant une demi-heure à température constante, entre les limites de 30° à 40°. Les expériences sont pénibles, à cause de l'absence de mobilité des liqueurs, de leur peu de conductibilité et, par suite, de la difficulté d'y établir une répartition uniforme et certaine des températures. Voici mes résultats :

I. — *Potasse.*

KO contenu dans 100gr de dissolution.	Équivalents H^2O^2 pour 1éq KHO^2.	Équivalents $KHO^2+nH^2O^2$.	Chaleur spécifique.	C, chaleurs moléculaires.	C′, chaleur moléculaire de l'eau (18 *n*).	Différence. C — C′.
32,72	4,86	143,5	0,697	100,0	87,5	+12,5
25,48	7,13	184,3	0,737	135,8	128,3	+ 7,5
17,60	11,72	267,0	0,780	210,2	211,0	— 0,8
14,98	14,35	314,3	0,807	253,6	258,5	— 4,9
11,16	20,28	421,0	0,845	355,7	365,0	— 9,3
9,85	23,40	477,2	0,859	409,9	421,2	—11,3
7,78	30,44	603,9	0,833	533,3	548,0	—14,7
6,28	38,48	742,6	0,900	673,8	692,6	—18,8

» La formule suivante permet de calculer les chaleurs moléculaires quand on connaît les nombres n d'équivalents H^2O^2 contenus dans la solution

$$C = 18n - 28,08 + \frac{421,11}{n} - \frac{1027,74}{n^2}.$$

Je n'ai pas poursuivi cette étude sur des solutions plus étendues, celles-ci ayant été étudiées par M. Thomsen.

» *Soude.* — La détermination des chaleurs spécifiques des solutions de soude présente encore plus de difficultés que pour la potasse, à cause du peu de fluidité des liquides. J'ai obtenu les résultats suivants :

II. — *Soude.*

NaO contenu dans 100gr de dissolution.	Équivalents H^2O^2 pour 1éq $NaHO^2$ (n).	Équivalents $NaHO^2 + nH^2O^2$.	Chaleurs spécifiques.	C, chaleurs moléculaires.	C', chaleur moléculaire de l'eau ($18n$).	Différence C — C'.
38,34	2,27	80,9	0,816	66,0	40,9	+25,1
25,54	4,52	121,4	0,852	103,5	81,4	+22,1
19,82	6,47	156,5	0,869	136,0	116,5	+19,5
14,40	9,74	215,3	0,886	190,8	175,3	+15,5
7,21	21,67	430,1	0,924	397,4	390,1	+ 7,3

Les derniers chiffres sont un peu plus forts que ceux de M. Thomsen pour des liqueurs analogues.

» Dans une autre série d'expériences, j'ai opéré en dissolvant dans l'eau des quantités égales de solutions portées à des températures diverses; mais les résultats ont été moins satisfaisants que par la méthode précédente.

» La formule calculée est la suivante :

$$C = 18n + 0,43 + \frac{159,85}{n} - \frac{235,77}{n^2} \quad (^1) .»$$

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur les alcalis du grenadier.* Note de M. **Ch. Tanret**, présentée par M. Berthelot.

« 1. Ainsi qu'il ressort d'une Note précédente ([2]), l'écorce du grenadier contient quatre alcaloïdes volatils, dont trois sont liquides et l'autre est cristallisé. Ayant déjà indiqué les principales propriétés de celui-ci, je viens

---

([1]) Ce travail a été fait au laboratoire de M. Berthelot, au Collège de France.

([2]) *Comptes rendus*, t. LXXXVIII, p. 716.

compléter celles des trois premiers, que j'isole maintenant complètement. Je désignerai ces corps sous les noms de *pelletiérine, isopelletiérine, méthylpelletiérine* et *pseudopelletiérine*.

» *Séparation.* — Étant donné un mélange des quatre alcalis à l'état de sels, on traite leur solution par un excès de bicarbonate de soude et l'on agite avec du chloroforme. En agitant ensuite celui-ci avec de l'acide sulfurique étendu, on obtient une solution qui contient les sulfates de méthyl et de pseudopelletiérine. On ajoute alors de la potasse caustique à la première liqueur, et, en répétant le traitement par le chloroforme et l'acide, on a une solution des sulfates de pelletiérine et d'isopelletiérine.

» 2. *Méthylpelletiérine.* — Pour isoler cet alcali, j'ai mis à profit le principe de la méthode des saturations fractionnées. Prenant le mélange des sulfates obtenu par le bicarbonate de soude, on le décompose partiellement par un alcali et l'on agite avec du chloroforme; puis on agite celui-ci avec un acide. La méthylpelletiérine se concentre ainsi dans les premières portions mises en liberté, et, après avoir suffisamment répété ces traitements, on n'arrive plus à augmenter son pouvoir rotatoire. On peut considérer comme pur le sel obtenu. Pour obtenir la méthylpelletiérine, on décompose par un alcali caustique une solution concentrée d'un de ses sels. On déshydrate l'alcali mis en liberté sur des fragments de potasse et l'on distille dans un courant d'hydrogène.

» *Composition.* — Le chlorhydrate, ayant un pouvoir rotatoire de $\alpha_{[D]} = +22^{\circ}$, a donné à l'analyse les résultats suivants :

	Trouvé. I.	Trouvé. II.	Calculé pour la formule $C^{18}H^{17}AzO^{2}$.
C	55,90	56,30	56,38
H	9,61	9,32	9,40
Az	7,15	»	7,31
Cl	18,44	»	18,53

» La composition de la méthylpelletiérine peut donc être représentée par la formule $C^{18}H^{17}AzO^{2}$.

» *Propriétés.* — Cet alcali est liquide. Il se dissout dans vingt-cinq fois son poids d'eau à 12°. Il est très soluble dans l'alcool, l'éther, le chloroforme. Il bout à 215°.

» Le pouvoir rotatoire du chlorhydrate est de $\alpha_{[D]} = +22^{\circ}$.

» Les sels de cet alcaloïde sont extrêmement hygrométriques.

» 3. *Pseudopelletiérine.* — Cet alcali est cristallisé. Pour l'obtenir, on

concentre la liqueur dépouillée de méthylpelletiérine et on la traite par la potasse caustique, puis on agite avec de l'éther. Par évaporation du dissolvant, on obtient des cristaux que plusieurs cristallisations donnent tout à fait purs. La composition de cet alcaloïde a été donnée dans la Note précédente; elle est représentée par la formule $C^{18}H^{15}AzO^2$.

» 4. *Pelletiérine*. — On met à évaporer sur l'acide sulfurique la solution des sulfates obtenus par l'action des alcalis caustiques, puis, quand la masse est sèche, on l'expose à l'air sur des doubles de papier brouillard. Elle ne tarde pas à tomber partiellement en déliquescence et abandonne sur le papier des cristaux à peine hygrométriques. C'est le sulfate de la pelletiérine. Quant au sel qui a pénétré le papier et qui, si l'on a eu soin d'arrêter à temps l'exposition à l'air, n'a pas de pouvoir rotatoire, c'est le sulfate de l'isopelletiérine. Pour obtenir l'alcali pur, on achève l'opération comme pour la méthylpelletiérine, en ayant soin de distiller à basse pression, l'ébullition à la température ordinaire l'altérant rapidement.

» *Composition*. — Les analyses de son chloroplatinate et de son chlorhydrate lui font assigner la formule $C^{16}H^{15}AzO^2$.

» Avec le chloroplatinate on a obtenu les résultats suivants :

	Trouvé.			Calculé pour la formule
	I.	II.	III.	$C^{16}H^{15}AzO^2, HCl, PtCl^2$.
C	27,28	27,53	28	27,74
H	4,64	4,88	4,74	4,64
Az	3,80	»	»	4,07
Pt	28,37	28,35	»	28,38

» Les analyses de son chlorhydrate ont donné :

	Trouvé.		Calculé pour la formule
	I.	II.	$C^{16}H^{15}AzO^2HCl$.
C	53,71	54,20	54,08
H	8,92	8,97	9,01
Az	7,70	»	7,88
Cl	19,85	»	20,00

» *Propriétés*. — La pelletiérine est un alcali liquide et incolore quand il vient d'être obtenu dans un courant d'hydrogène. Il est remarquable par la rapidité avec laquelle il absorbe l'oxygène en se résinifiant. Sa densité à zéro est de 0,988. Il se dissout à froid dans vingt fois son poids d'eau, et il en dissout son poids. Il est soluble en toutes proportions dans l'éther, l'alcool, le chloroforme. A la pression ordinaire, il bout à 195°; il distille

alors en se décomposant en partie. Sous une pression de 10^{cm}, le point d'ébullition s'abaisse à 125°.

» Le sulfate de pelletiérine a un pouvoir rotatoire de $\alpha_{[D]} = -30°$. Si l'on porte à 100° l'alcali libre, le pouvoir rotatoire disparaît.

» Les sels de pelletiérine perdent une partie de leur base quand on les chauffe soit secs, soit en solution aqueuse.

» 5. *Isopelletiérine.* — Cette base s'isole comme il vient d'être dit. Voici l'analyse de son chlorhydrate :

	Trouvé.			Calculé pour la formule
	I.	II.	III.	$C^{16}H^{15}AzO^2HCl$.
C.................	53,20	53,33	53,23	54,08
H.................	8,63	8,75	8,85	9,01
Az................	7,60	»	»	7,88
Cl................	19,85	»	»	20,00

» Sa formule étant, comme celle de la pelletiérine, $C^{16}H^{15}AzO^2$, on peut considérer ces deux bases comme isomères.

» *Propriétés.* — L'isopelletiérine est un alcali liquide sans action sur la lumière polarisée. Sa densité, sa solubilité dans l'eau et son point d'ébullition sont les mêmes que pour la pelletiérine. »

MINÉRALOGIE. — *Production artificielle d'une leucotéphrite identique aux laves cristallines du Vésuve et de la Somma. Formes naissantes cristallitiques de la leucite et de la néphéline.* Note de MM. F. **Fouqué** et A. **Michel Lévy**, présentée par M. Daubrée.

« I. Nous avons eu l'honneur de présenter, le 18 novembre 1878, à l'Académie une Note contenant la description d'une roche artificielle identique aux laves de l'Etna et composée d'augite, de labrador et de fer oxydulé. Des recherches postérieures [1] nous ont permis d'obtenir des associations de leucite et d'augite, comparables aux leucitites naturelles.

» Mais nous n'étions pas parvenus à réunir dans un même magma cristallin la leucite et les feldspaths tricliniques. Pour combler cette lacune, nous avons dû modifier légèrement le procédé précédemment employé, et tenir compte de la différence considérable de fusibilité des deux minéraux.

» On fond en un verre homogène les éléments chimiques du mélange;

---

[1] *Bull. Soc. minéral.*, 1879, p. 111.

puis on scinde en deux temps l'opération qui doit amener la formation des cristaux. On maintient d'abord pendant vingt-quatre heures le culot au rouge blanc; les éléments de la leucite s'isolent et passent à l'état cristallin. Puis, dans un second temps, la matière est maintenue pendant vingt-quatre heures au rouge cerise, à une température légèrement inférieure à celle de la fusion du feldspath cherché. Tout le culot se prend alors en une masse cristalline.

» Nous avons traité ainsi un mélange de silice, d'alumine, de potasse, de soude, de magnésie, de chaux et d'oxyde de fer, représentant 1 partie d'augite, 4 de labrador et 8 de leucite. Les culots obtenus, réduits en lames minces, nous ont montré au microscope l'augite, le labrador et la leucite, sensiblement dans les proportions attendues; il s'est produit en outre de petits octaèdres réguliers de fer oxydulé et de picotite, dont la consolidation est antérieure même à celle de la leucite, comme dans les roches naturelles.

» L'augite est en petits microlithes verts, allongés suivant $h^1 g^1$; le labrador en grands microlithes maclés suivant la loi de l'albite et allongés parallèlement à pg^1. La leucite se présente en grands et petits trapézoèdres a^2, a_2, b^1; quelques échantillons permettent une mesure très approximative des angles.

» Tous ces minéraux possèdent les propriétés optiques qui caractérisent leurs similaires naturels; un grand nombre de cristaux de leucite présentent notamment les macles alternantes suivant les faces de l'octaèdre b^1; l'interposition d'une lame de quartz rend ces macles très apparentes.

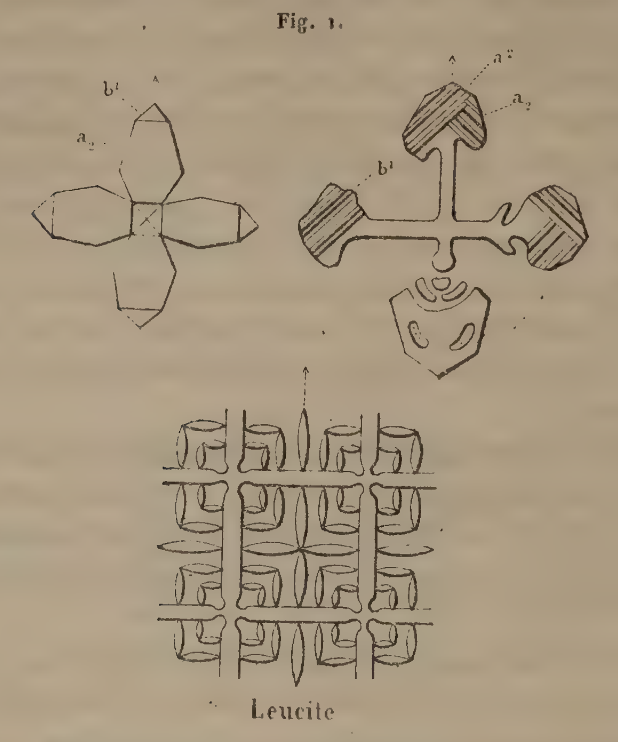
» II. Quand on arrête l'opération au bout du premier temps, c'est-à-dire après vingt-quatre heures de chauffe au rouge blanc, on retire un culot à fond vitreux, hérissé de petites sphérules blanchâtres de leucite; pendant le refroidissement, au milieu des parties d'apparence vitreuse, on voit brusquement de nouvelles sphérules se développer, comme si les éléments constitutifs de la leucite, déjà groupés entre eux, n'attendaient qu'une température favorable pour manifester leur individualité cristalline. Il est à remarquer que ce phénomène ne se produit qu'après maintien, pendant vingt-quatre heures, du mélange à haute température.

» L'examen des plaques minces provenant d'un pareil culot présente un haut intérêt au point de vue des formes naissantes des cristaux de leucite. Les cristallites de ce minéral (*fig.* 1) se présentent en arborisations sensiblement rectangulaires, dont chaque élément est un petit cristal, à formes généralement nettes, présentant en profil les faces a_2, a^2 et b^1. La jonction de ces cristaux se fait suivant les faces b^1 et leur ensemble con-

stitue un groupement de 6 éléments à angle droit, de telle façon qu'on voit souvent en plan des croix régulières.

» Entre les nicols croisés, avec une lame de quartz interposée, les deux

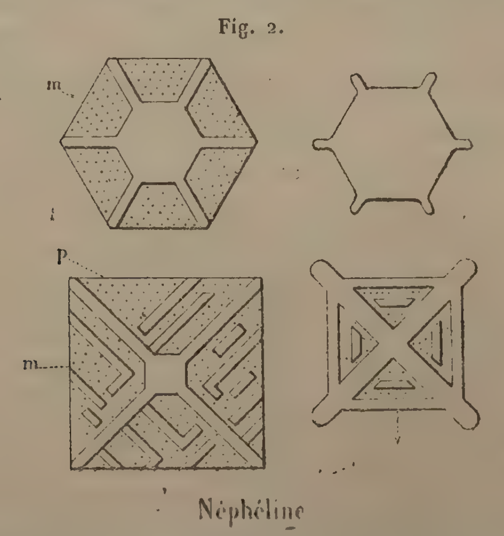
Fig. 1.



Leucite

séries d'éléments à angle droit se colorent de deux teintes différentes. L'extinction a lieu simultanément, dans le sens des branches de la croix.

Fig. 2.



Néphéline

Quand un cristal bien formé sert de centre à ces arborisations, on constate que ses propres macles sont bien parallèles aux faces b^1 des éléments am-

biants. Un pareil assemblage explique les formes pseudo-cubiques si constantes dans la leucite.

» Dans nos expériences de reproduction de la néphéline, il s'est également produit des formes naissantes (*fig.* 2). Les cristallites de néphéline ne présentent pas la complication de ceux de la leucite. Leur orientation optique est unique; ils se composent d'éléments allongés, parallèles soit aux diagonales, soit aux côtés des sections passant par deux arêtes *mm* opposées. »

MINÉRALOGIE. — *Reproduction artificielle du spinelle et du corindon.* Note de M. STAN. MEUNIER.

« En faisant récemment connaître à l'Académie une méthode qui fournit l'enstatite artificielle, avec tous les caractères offerts par cette espèce minérale dans la substance des météorites, j'indiquais une modification au mode opératoire adopté, qui conduirait sans doute à la formation des aluminates. Cette prévision a été pleinement confirmée, et je viens annoncer aujourd'hui non seulement la synthèse de l'aluminate de magnésie, ou spinelle, mais encore la reproduction artificielle du corindon.

» L'expérience a consisté à mettre en présence, dans un tube chauffé, le chlorure d'aluminium, la vapeur d'eau et le magnésium métallique. Le chlorure d'aluminium étant solide, il m'a paru commode de le placer à l'avance dans le tube, de telle sorte que les rubans de magnésium y fussent simplement enfouis. Dès que la température a atteint le rouge, on a laissé arriver la vapeur d'eau. L'opération a pris fin quand l'acide chlorhydrique a cessé de se dégager.

» Après refroidissement, le tube contient une substance ayant conservé par endroits la forme des rubans métalliques, et qui, au premier abord, semble tout à fait amorphe. Au microscope, on constate, au contraire, qu'elle est cristallisée, au moins pour la plus forte part.

» Les cristaux, groupés ordinairement en druses, sont absolument limpides et incolores; ils consistent, pour la plupart, en octaèdres réguliers et en cubes absolument inactifs sur la lumière polarisée. Leur dureté extrême et leur inaltérabilité absolue dans l'acide azotique bouillant les identifie, comme leur composition, avec le spinelle naturel. Dans certaines portions du tube, ils sont mélangés de périclase ou magnésie cristallisée, attaquable dans l'acide azotique et résultant sans doute de l'action, étudiée déjà, de

l'acide chlorhydrique sur la magnésie. On y aperçoit aussi quelques grains, de forme allongée, très actifs, et qui semblent être du corindon.

» Ce résultat si net, que j'ai eu l'honneur de soumettre à M. Daubrée et à M. Des Cloizeaux, m'a naturellement engagé à tenter la reproduction de la galinite ou spinelle zincique, et, pour cela, le zinc prit simplement dans l'expérience la place du magnésium. Toutefois, l'aluminate de zinc ne se fit pas, et je crois pouvoir attribuer cet insuccès à la température trop peu élevée qui fut atteinte, et qui resta inférieure au point de volatilisation du métal. Celui-ci, réuni en une sorte de lingot, n'avait subi qu'une oxydation très faible. Pourtant la poudre blanche qui remplissait le tube se montra parsemée d'une multitude de lamelles hexagonales, d'une netteté et d'une régularité admirables, tout à fait inactives d'ailleurs sur la lumière polarisée. Un premier essai ayant démontré que ces cristaux, inattaquables aux acides, ne renferment point de zinc, il devint probable qu'ils étaient constitués par l'alumine pure et représentaient, par conséquent, une imitation artificielle du corindon de la nature.

» Pour m'en assurer, je soumis, à l'action de la vapeur d'eau seule, du chlorure d'aluminium déposé dans un tube de porcelaine chauffé au rouge : c'était, comme on voit, une simple variante de ces expériences célèbres qui ont donné l'oligiste à Gay-Lussac et la cassitérite à M. Daubrée, et j'ai peine à croire, malgré le mutisme des livres à cet égard, que les chimistes ne l'aient pas tenté déjà depuis longtemps. Quoi qu'il en soit, cette manipulation si simple a donné, avec une abondance extrême, les lamelles hexagonales précédemment signalées et il n'y a plus maintenant à douter de leur vraie nature.

» Ces diverses expériences, faciles à vérifier par tout le monde, contribueront, je crois, à appuyer pour leur part les idées de Davy, de Gay-Lussac et de M. Daubrée, sur l'existence d'un noyau métallique non oxydé dans les régions infra-granitiques. L'eau et le chlorure de silicium étant des agents qui jouent nécessairement un grand rôle dans la chimie des profondeurs, il semble que les essais dont on vient de lire un exposé sommaire reproduisent un ensemble de conditions réalisées dans la nature. C'est d'ailleurs un point de vue que je ne fais que toucher ici, me promettant d'y revenir en décrivant très prochainement la synthèse, obtenue par la méthode qui m'occupe en ce moment, de silicates alumineux et de silico-aluminates alcalins. »

GÉOLOGIE. — *Sur la présence normale du cuivre dans les plantes qui vivent sur les roches de la formation primordiale.* Note de M. **Dieulafait**, présentée par M. Berthelot.

« *Résumé et conclusions.* — Dans un Mémoire récent [1], j'ai montré que le cuivre existe à l'état de diffusion complète dans toutes les roches de la formation primordiale et dans celles qui proviennent directement de leur destruction. Parmi les nombreuses conséquences qu'entraîne ce fait général se trouve en particulier la suivante : Toutes les plantes qui se développent sur les roches de la formation primordiale et sur celles qui en dérivent directement doivent contenir du cuivre en proportion sensible.

» I. J'ai recueilli moi-même, en vue du Mémoire actuel : 1° entre Cannes et Saint-Nazaire (Var), quatre-vingt-douze échantillons de chêne liège; 2° dans la même région primordiale du Var, deux cent soixante-trois échantillons de plantes diverses; 3° du cap Corse à Ajaccio, quarante-huit échantillons; 4° sur divers points de la côte d'Afrique, entre Bône et Alger, cinquante-deux échantillons.

» II. La silice et l'alumine qui constituent la partie argileuse des terrains marneux sont des produits, souvent directs, de la destruction des roches primordiales. Ces roches et les plantes qui se développent au-dessus d'elles doivent, dès lors, renfermer du cuivre : j'ai recueilli, dans le grand horizon marneux de la région de Digne, cent vingt-huit échantillons de chêne blanc.

III. Il n'est pas de question qui ait été plus agitée par les savants, même en dehors des géologues, que celle de l'origine et du mode de formation des terrains dolomitiques; rien n'est plus naturel, car le rôle des terrains dolomitiques dans la constitution de notre globe est si considérable que, suivant la solution qui sera donnée de leur origine, les bases mêmes de la Géologie seront modifiées jusque dans leurs profondeurs. Depuis près de vingt ans, je n'ai pas cessé de m'occuper de ces questions, et aujourd'hui je suis arrivé à la conclusion suivante : *la chaleur n'a pas pris le moindre rôle dans la formation des terrains dolomitiques;* ce sont des dépôts marins, sédimentaires au sens ordinaire du mot, mais souvent effectués dans des eaux marines déjà concentrées. J'apporterai très prochainement les preuves géolo-

---

[1] *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XVIII.

giques et surtout chimiques qui m'ont amené à cette conclusion. En attendant, elle entraîne cette conséquence que les terrains dolomitiques doivent renfermer du cuivre à l'état de dissémination, puisque, comme je l'ai montré ailleurs ([1]), des combinaisons cuivreuses accompagnent toujours les dépôts qui se forment dans les eaux marines quand elles se concentrent. J'ai recueilli : 1° sur le grand horizon infraliasique du midi de la France, depuis Mende jusqu'à Nice, soixante-huit échantillons de chêne blanc; 2° sur l'horizon dolomitique du corallien supérieur à *Terebratula moravica*, entre Marseille et Nice, quarante-deux échantillons de chêne vert.

» IV. Quelle que soit l'hypothèse que l'on adopte pour expliquer l'origine du calcaire cristallisé relativement pur, il me semble impossible de ne pas admettre qu'une grande partie au moins s'est déposée au sein des eaux, et la pureté même du calcaire entraîne cette conséquence, qu'il s'est formé en dehors de tout élément vaseux, par conséquent en dehors de tout apport direct des roches primordiales. Il ne devra donc renfermer, de ce chef, que des traces minimes de cuivre, et il devra en être de même pour les plantes (rares et peu importantes) qui se développent sur ces calcaires.

» *Résultats obtenus.* — 1° Le cuivre existe dans toutes les plantes qui se développent sur les roches de la formation primordiale; sa proportion est suffisante pour qu'il puisse être reconnu avec certitude, même par la réaction de l'ammoniaque, en employant 1^{gr} de cendre seulement.

» 2° Chacun des cent vingt-huit échantillons de chêne blanc des terrains marneux m'a permis de reconnaître la présence du cuivre avec 1^{gr} de cendre, bien que, en général, la proportion de ce métal fût inférieure à celle des plantes des terrains primordiaux.

» 3° Tous les échantillons recueillis dans les horizons dolomitiques ont fourni du cuivre nettement reconnaissable dans 1^{gr} de cendre; mais, suivant les échantillons, il y a eu de grandes variations.

» 4° Les plantes qui vivent sur les calcaires relativement purs ne m'ont plus fourni trace de cuivre dans les conditions des trois groupes précédents. Pour arriver à le reconnaître avec certitude, j'ai dû élever parfois jusqu'à 100^{gr} le poids de la cendre sur laquelle j'opérais.

» Existe-t-il normalement du cuivre dans les organes des animaux et dans ceux de l'homme? L'ensemble des faits exposés dans ce Mémoire et dans le précédent me permet d'aborder cette question si souvent agitée et cependant si peu résolue. Ces faits, du reste, montrent déjà que la question

---

([1]) *Loc. cit.*

est moins simple et surtout beaucoup moins absolue qu'on ne l'avait cru jusqu'ici. J'aurai l'honneur d'apporter prochainement à l'Académie la solution de la partie qui se rapporte aux animaux et à l'homme vivant sur la formation primordiale. »

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur l'innervation vaso-motrice, la circulation du foie et des viscères abdominaux.* Note de M. **Laffont**, présentée par M. Vulpian.

« Dès l'année 1848, après la découverte de l'apparition du diabète par la piqûre du plancher du quatrième ventricule, lorsque Cl. Bernard eut démontré que l'effet de cette piqûre était d'augmenter la circulation des viscères abdominaux, les auteurs se préoccupèrent du mécanisme de cette suractivité circulatoire. Les uns, avec Cl. Bernard, en présence de la non-permanence du diabète après la piqûre et de sa disparition après la section de la moelle à un certain niveau, conclurent que la suractivité circulatoire était le résultat d'une dilatation active des vaisseaux. Le plus grand nombre ne virent dans ce phénomène qu'une paralysie vaso-motrice, une dilatation passive.

» J'ai recherché s'il existe pour les organes intra-abdominaux des nerfs dilatateurs proprement dits, à action centrifuge, dont l'excitation du bout périphérique produise une dilatation des vaisseaux des organes innervés et une baisse de la pression artérielle dans le même territoire.

» 1° Sur de jeunes chiens de quatre à huit jours, j'ai ouvert le canal vertébral, sectionné la moelle en deux points, de façon à avoir un tronçon isolable comprenant les deux premières paires de nerfs dorsaux. L'excitation de ce tronçon par courant faradique faible a produit une congestion nette et progressive du foie, jaune rougeâtre chez ces jeunes animaux, et qui, sous l'influence de l'excitation, s'est injecté par îlots.

» 2° Sur des animaux adultes, l'excitation faradique faible du bout périphérique bien isolé des racines de la première paire de nerfs dorsaux a amené une baisse primitive et d'emblée de la pression artérielle abdominale, interrogée soit dans l'artère mésentérique supérieure, au moyen d'une canule simple, soit dans l'artère splénique ou hépatique, au moyen d'un ajutage en T.

» L'isolement parfait du bout périphérique des racines de la première paire dorsale est absolument indispensable, ainsi que l'emploi d'un cou-

rant très faible, car le moindre courant dérivé sur la moelle provoque, au lieu de l'abaissement de la pression artérielle, une énorme augmentation de cette pression.

» Dans une autre série d'expériences, j'ai pu voir que c'est bien par l'intermédiaire de ces nerfs dilatateurs que se produit l'effet de la piqûre du quatrième ventricule, car, à la suite de l'arrachement des deux ou trois premières paires de nerfs dorsaux, une glycosurie intense, produite par la piqûre diabétique, est tombée, en une heure trente minutes, de $44^{gr},5$ de sucre à 12^{gr}.

» C'est encore par l'intermédiaire des mêmes nerfs dilatateurs que survient la glycosurie signalée par Cl. Bernard à la suite de la faradisation des bouts centraux des nerfs vagues, car, dans un grand nombre d'expériences, j'ai toujours vu que, sur des chiens curarisés, l'arrachement des deux ou trois premières paires dorsales supprime la baisse de la pression artérielle que l'on obtient toujours sans cela, lorsqu'on excite avec un courant faible les bouts centraux des deux nerfs pneumogastriques. Bien mieux, après arrachement des deux ou trois premières paires dorsales, l'excitation faradique des bouts périphériques des deux nerfs vagues amène une élévation de la pression.

» Un autre point était encore à éclaircir. Les auteurs, et en particulier M. Vulpian [1], ont pensé que, si l'excitation des bouts centraux des nerfs vagues produit un abaissement de la pression artérielle, de la même façon que l'excitation des bouts centraux des nerfs dépresseurs, c'est que cette excitation des nerfs vagues chez le chien revient à une excitation des nerfs dépresseurs confondus avec les nerfs vagues chez cet animal.

» Effectivement, j'ai constaté que l'excitation faradique des bouts centraux des nerfs dépresseurs provoque une glycosurie intense (fait signalé déjà, à mon insu, par W. Filehne, à Erlangen).

» De plus, comme pour les nerfs vagues chez le chien, l'excitation faradique des bouts centraux des nerfs dépresseurs chez le lapin ne provoque plus, après arrachement des deux ou trois premières paires dorsales, sans lésion de la moelle, l'abaissement typique de la pression artérielle; au contraire, on voit survenir dans ces conditions une élévation de cette pression.

» Enfin, l'excitation faradique des bouts centraux des nerfs dépresseurs m'a encore permis de suivre le mode d'action de la piqûre du plancher du quatrième ventricule et d'établir l'existence de deux foyers symétriques ou

---

(1) *Leçons sur l'appareil vasomoteur*, t. I, p. 360.

centres dilatateurs du foie et des viscères abdominaux. En effet, après avoir préparé les nerfs dépresseurs et pris un tracé type de la pression pendant l'excitation du bout central de l'un de ces nerfs, je fais la piqûre du quatrième ventricule, à gauche par exemple. Immédiatement après, l'excitation du bout central du nerf dépresseur du côté de la piqûre produit encore son effet classique; mais, une heure après, la même excitation du même nerf ne produit plus aucun abaissement, mais au contraire une élévation de la pression artérielle si l'on augmente la force du courant, tandis qu'au même moment l'excitation portée sur le bout central du nerf dépresseur opposé amène toujours le même abaissement typique de la pression.

» Il en est de même, si l'on interroge l'excitabilité des nerfs dépresseurs, le lendemain, alors que le sucre a disparu des urines.

» Dans ces conditions, l'excitation du nerf dépresseur du côté de la piqûre n'a aucun effet sur la pression artérielle; l'excitation du nerf dépresseur du côté sain provoque constamment l'abaissement de la pression artérielle.

» Ainsi, l'effet de la piqûre du plancher du quatrième ventricule est primitivement une excitation du centre dilatateur; mais, bientôt, l'hémorrhagie consécutive à la piqûre amène une paralysie par destruction de ce centre, d'où disparition de la glycosurie, au bout de vingt-quatre heures au plus, par cessation de l'excitation et non par suite de la fièvre ou de tout autre effet du traumatisme, puisque, le lendemain, alors que le sucre a disparu des urines, j'ai pu reproduire la glycosurie en excitant le bout central du nerf dépresseur du côté sain ou en piquant le quatrième ventricule de ce côté.

» *Conclusions.* — Mes expériences, faites sur des chiens et des lapins, établissent donc :

» 1° L'existence des nerfs vaso-dilatateurs du foie et des organes abdominaux émanant de la moelle par les trois premières paires de nerfs dorsaux.

» 2° L'hyperglycémie et la glycosurie résultant de l'excitation faradique des bouts centraux des nerfs vagues chez le chien, des nerfs dépresseurs chez le lapin et des nerfs sensibles en général est le résultat d'une impression apportée par ces différents nerfs aux centres vaso-dilatateurs symétriques contenus dans le bulbe, d'où partent des nerfs dilatateurs cheminant dans la moelle jusqu'à la hauteur de la première paire de nerfs dorsaux, à partir de laquelle, jusqu'à la troisième paire peut-être, ils sortent de la moelle, pour gagner la chaîne sympathique et de là les nerfs splanchniques.

» 3° L'arrachement des deux ou trois premières paires de nerfs dorsaux supprime l'effet, sur la circulation abdominale, des excitations des bouts centraux des nerfs vagues et des nerfs dépresseurs, et de la piqûre du plancher du quatrième ventricule [1]. »

ANATOMIE PATHOLOGIQUE. — *Sur les caractères anatomiques du sang dans les phlegmasies.* Deuxième Note de M. G. **Hayem**, présentée par M. A. Vulpian.

« *Altérations qualitatives des éléments du sang.* — Le caractère essentiel du sang dans les phlegmasies consiste en une modification profonde du processus de coagulation.

» I. *a.* Pour étudier ce processus, il convient de faire une préparation de sang pur, étalé en lame mince, de façon que la couche de sang ait environ $7^{\mu},5$ d'épaisseur et que par suite les globules rouges puissent se placer facilement de champ. On voit alors les éléments prendre une disposition générale toute particulière.

» Les hématies sont réunies sous la forme de piles, serrées les unes contre les autres et en partie confondues, de manière à former des amas compactes, dont le bord est relativement peu sinueux. Ces amas volumineux, reliés presque tous entre eux, circonscrivent des espaces plasmatiques irréguliers, plus larges et moins nombreux que ceux du sang sain, espaces qui, étant entourés de tous côtés par des éléments colorés, prennent l'apparence de véritables *lacs.*

» Lorsque, après la coagulation du sang, on cherche à dissocier ces amas, on reconnaît que les hématies sont reliées entre elles par des filaments de fibrine extrêmement fins, faisant prendre à un grand nombre des éléments qui s'écartent des piles une forme étirée, crénelée ou piriforme. Je me suis assuré que cette particularité n'est que l'exagération d'un fait physiologique, et je pense que, dans les phlegmasies, le groupement des globules rouges en amas considérables est dû à la viscosité anomale qu'acquièrent ces éléments lorsque la petite atmosphère de fibrine qui les englue augmente d'épaisseur.

» Les autres altérations que les hématies peuvent présenter dans les phlegmasies ne sont pas indubitablement la conséquence du processus inflam-

---

[1] Travail du laboratoire de Physiologie expérimentale de M. P. Bert à la Sorbonne.

matoire. Il n'y a pas, même lorsque la fièvre est vive, de modification sensible dans les dimensions de ces corpuscules.

» *b.* Dans les lacs circonscrits par les éléments colorés, on remarque d'abord un nombre insolite de globules blancs.

» Cette augmentation de nombre porte d'une manière égale sur les différentes variétés, qui conservent entre elles sensiblement les mêmes rapports que dans le sang normal. De plus, ces éléments ne paraissent pas histologiquement altérés; ils présentent les mêmes mouvements amœboïdes qu'à l'état sain, mais avec cette différence que parfois leur reptation est entravée par les filaments de fibrine qui les entourent et qui paraissent pouvoir y adhérer.

» *c.* Au moment même où la préparation vient d'être faite, les lacs contiennent un grand nombre d'hématoblastes, qui, à l'instar des hématies, sont devenus plus visqueux, plus adhésifs les uns aux autres et qui, par suite, forment bientôt des amas dépassant notablement en volume ceux du sang normal. Néanmoins, un grand nombre d'entre eux restent isolés ou disposés par petits groupes de deux, trois, quatre.

» Les plus volumineux des amas peuvent atteindre jusqu'à 40^{μ} dans leur plus grand diamètre; la plupart n'ont que 10^{μ} à 20^{μ}. On trouve d'ailleurs tous les intermédiaires, depuis l'hématoblaste isolé jusqu'aux plus gros amas, composés environ d'une cinquantaine d'éléments.

» Bientôt apparaît un réticulum fibrineux singulièrement plus net et plus dense que dans aucune autre circonstance. Il est constitué par plusieurs réseaux superposés, dont les mailles étroites et irrégulières règnent dans toute l'étendue des lacs. Les filaments qui le forment sont à la fois plus nombreux et plus volumineux que ceux du sang normal; les principaux d'entre eux partent en rayonnant, et par une base large, des amas d'hématoblastes, et concourent, en s'effilant, à former les mailles du réticulum.

» Pendant cette formation, les hématoblastes ont perdu leur individualité; ils se sont transformés en petits blocs d'aspect céroïde, d'où se hérissent une quantité parfois si exubérante de fibrilles, que les plus gros prennent l'apparence d'une boule épineuse tout à fait caractéristique.

» Il faut encore noter, en différents points du réseau, de petits treillis extrêmement serrés, remplis de points brillants, dus sans doute à l'apparence que prennent les fibrilles, qui, en se portant d'une surface de verre à l'autre, se présentent de champ à l'observateur.

» II. Pour prendre une connaissance plus complète du réticulum, il est

utile de soumettre une préparation de sang coagulé au lavage à l'eau et de colorer le caillot par l'iode ou par un sel de rosaniline.

» On met ainsi en évidence quelques particularités nouvelles : 1° au niveau des points occupés d'abord par les amas d'hématies se montre un réseau extrêmement fin, à petites mailles, relativement régulières, se continuant avec le réseau des lacs, mais ne contenant ni hématoblastes ni globules blancs, ces éléments ayant été complètement refoulés dans les espaces plasmatiques par l'empilement serré des hématies; 2° au milieu du réseau des lacs, un certain nombre de globules blancs restent étalés, malgré l'action de l'eau, sous la forme d'une plaque irrégulière, anguleuse, fixée dans cette position par des filaments fibrineux qui adhèrent manifestement à plusieurs des angles de la plaque et paraissent même en partir. C'est là une disposition que je n'ai pas encore vue dans le sang sain.

» III. En traitant le sang, dès sa sortie des vaisseaux, par le liquide que j'emploie pour faire la numération des éléments du sang normal ([1]), il se forme dans le mélange des grumeaux insolites dont les plus gros sont visibles à l'œil nu. Au microscope, ces grumeaux se montrent composés d'amas d'hématoblastes entourés d'une substance finement granuleuse ou fibrillaire, visqueuse, à laquelle adhèrent un certain nombre de globules blancs et d'hématies. Cette réaction est constante, d'une extrême sensibilité; elle peut être considérée comme le moyen le plus simple et le plus expéditif de mettre en évidence l'augmentation de la fibrine dans le sang.

» IV. Les altérations que nous venons de décrire existent aussi bien, mais à un degré moins accusé, dans les phlegmasies chroniques que dans les aiguës. Dans ces dernières, au moment de la convalescence, le processus de coagulation ne reprend pas brusquement ses caractères normaux; il est encore, dans ces conditions, étroitement lié aux particularités que présentent les hématoblastes. La crise hématique que nous avons signalée dans notre précédente Note n'est pas uniquement constituée par un accroissement numérique de ces corpuscules : elle est encore caractérisée par des modifications qualitatives. A ce moment, en effet, les hématoblastes ne contiennent plus autant de matière transformable en fibrine; ils se groupent sous la forme d'amas souvent considérables, dans lesquels les éléments, devenus plus résistants, conservent longtemps leur individualité propre; ils possèdent, en un mot, les caractères particuliers aux éléments intermédiaires aux hématoblastes et aux globules rouges.

([1]) *Voir* la formule de ce liquide dans les *Arch. de Phys. norm. et path.*, p. 700; 1878.

» V. Ces faits anatomiques confirment l'importance que les médecins français ont attachée à la constatation de la couenne inflammatoire et au dosage de la fibrine concrète. Ils paraissent, en effet, établir que la fibrine est un produit élaboré en grande partie, sinon en totalité, par les éléments anatomiques eux-mêmes, et que les variations quantitatives en sont, en tout cas, étroitement subordonnées aux altérations évolutives et nutritives de ces éléments. »

ANATOMIE GÉNÉRALE COMPARÉE. — *Sur les cellules godronnées et le système hyalin intra-vaginal des nerfs des Solipèdes.* Note de M. J. **Renaut**, présentée par M. Bouley.

« I. Lorsqu'on a dégagé l'un des faisceaux du médian ou du facial de tout son tissu connectif périfasciculaire, il se montre, chez l'Ane ou le Cheval, et après un traitement convenable par l'acide osmique, sous la forme d'un cylindre régulier, noir et limité extérieurement par la gaîne lamelleuse. Si l'on fend longitudinalement cette dernière et si on la sépare du faisceau, on trouve, à sa face interne, des éléments cellulaires particuliers, très nombreux par places, et interposés à l'endothélium de la gaîne et à la surface du faisceau nerveux.

» Ce sont des cellules dont le volume est à peu près celui des cellules globuleuses du nodule sésamoïde du tendon d'Achille des Batraciens anoures. Leur noyau est de forme le plus souvent bizarre; il est contourné et tordu de diverses façons, et il occupe soit le centre, soit la périphérie de l'élément. Le protoplasma est clair, transparent comme du verre, et forme autour du noyau des expansions multiples. Ces expansions entourent le noyau comme d'une collerette; elles sont limitées par des festons saillants en dehors. Si l'on soufflait dans de l'eau de savon de manière à produire une série de bulles entées les unes sur les autres, on aurait une idée approximative de la façon dont se superposent les expansions protoplasmiques des cellules que nous décrivons. Leur apparence de collerette, à plis et bouillons multiples, m'a conduit à leur donner le nom de *cellules godronnées*.

» Le noyau des cellules godronnées se colore en rouge vif par le carmin, l'éosine, la purpurine et la pyrosine. Le protoplasma reste incolore; il est réfringent comme du verre; parfois, sur un point de sa surface, il montre un petit amas granuleux analogue à celui que l'on rencontre dans le protoplasma clair des cellules du nodule sésamoïde du tendon d'Achille des Grenouilles.

» II. Les faisceaux nerveux du médian, du facial, du collatéral palmaire interne du Cheval et de l'Ane, ne remplissent pas tous exactement la cavité interceptée par leur gaîne lamelleuse. Le tissu connectif intra-fasciculaire est relié à la paroi de la gaîne par une multitude de petits *mésos*, formés de fines fibres connectives disposées en nattes et croisées de façon à déterminer de petites membranes fenestrées analogues à l'épiploon. Ces *mésos* conduisent les vaisseaux sanguins de la gaîne lamelleuse au faisceau nerveux. Sur le treillis de faisceaux conjonctifs grêles dont ils sont formés sont disposées des cellules connectives plates qui semblent la continuation de l'endothélium de la gaîne lamelleuse. Dans les mailles comprises dans l'écartement de ces *mésos* existe un liquide qui, sous l'influence de l'action coagulante produite par l'acide osmique, se prend en gelée à la façon d'un caillot de lymphe.

Ces mêmes espaces, surtout lorsqu'ils sont grands, renferment des cellules godronnées, qui nagent dans le liquide ou qui se disposent en groupes au sein de ce dernier. Les festons saillants des unes s'insinuent entre les expansions superposées des autres; de plus, de fines fibres connectives, analogues à celles de la névroglie, passent et repassent entre les éléments cellulaires délicats que nous venons de décrire. Le faisceau nerveux est donc soutenu (dans la cavité tubuliforme constituée par sa gaîne lamelleuse) par un système formé de loges communicantes, remplies de liquide et distendues par les cellules godronnées. Tout ce système forme un manchon qui possède la consistance du corps vitré de l'œil, et dans lequel le faisceau est plongé comme dans un milieu semi-liquide, incompressible, élastique et résistant.

» III. Sur les nerfs volumineux, tels que le médian et le tronc du facial, on voit, sur certains points, le système précité prendre un développement considérable. Sur un côté du faisceau nerveux, le tissu connectif intra-vaginal, chargé de cellules godronnées, cesse de former un mince anneau; il s'épaissit en un point. Les mailles de tissu connectif à faisceaux grêles se stratifient de façon à constituer, sur une longueur de quelques millimètres, une petite tige de tissu fibreux homogène et hyalin, dont la direction suit celle du nerf. Sur les coupes transversales, ces tiges se montrent comme des cercles, formés de lames concentriques dont les intervalles sont remplis de cellules godronnées, et dont le centre est occupé par ces mêmes cellules accumulées. Le faisceau nerveux, ainsi soutenu, se creuse latéralement d'une sorte de rigole que remplit sa tige de soutènement, effilée à ses deux extrémités. De distance en distance, on voit se dégager du gros faisceau des nerfs formés d'une ou de quelques fibres à myéline,

entourées d'une couronne de fibres de Remak. Ces petits nerfs entrent dans la tige de soutènement, puis se séparent du faisceau principal en perforant sa gaîne lamelleuse. Cette dernière les suit dans leur trajet, doublée par le tissu fibreux hyalin, chargé de cellules godronnées, et formant au nerf, uni ou pauci-tubulaire, un épais manchon protecteur intra-vaginal.

» IV. Je n'ai, jusqu'ici, constaté l'existence de ce *système hyalin intra-vaginal* que chez les Solipèdes; mais, au point de vue morphologique, sa signification mérite d'attirer l'attention des anatomistes. On voit que, indépendamment du système de la gaîne lamelleuse, les cordons nerveux possèdent, dans certains termes de la série, un appareil de soutènement formé par une adaptation particulière du tissu fibreux. Les cellules fixes de ce dernier prennent des caractères spéciaux, *analogues* à ceux que montrent les éléments cellulaires de la corde dorsale, du nodule sésamoïde cartilaginiforme du tendon d'Achille des Batraciens anoures, et enfin du squelette fibreux interne de certains Mollusques (*Helix pomatia*). Ce système, annulé dans les nerfs de plusieurs animaux et de l'homme, semble réapparaître pour former la charpente connective des organes spécialisés du tact, tels que les corpuscules de Meissner de l'homme, et ceux plus simples de la langue et du bec de certains oiseaux ([1]). »

ANATOMIE ANIMALE. — *Du système nerveux de l'*Idothea entomon (*Crustacé isopode*). Note de M. Ed. Brandt, présentée par M. Blanchard.

« Le système nerveux de l'*Idothea entomon* présente quatorze ganglions: trois ganglions céphaliques, sept ganglions du tronc, quatre ganglions postabdominaux.

» Le seul naturaliste qui ait fait des recherches sur le système nerveux de l'*Idothea* est H. Rathke ([2]); mais ses recherches ne sont pas exactes. L'auteur décrit un seul ganglion céphalique (il n'a pas vu les deux autres); il a pris le ganglion sous-œsophagien pour le sus-œsophagien; il ne décrit pas exactement les nerfs qui en émergent.

» Le ganglion sus-œsophagien se compose de six parties : il a deux lobes médians, ou les hémisphères, qui donnent deux nerfs pour les antennes

([1]) Travail du laboratoire d'Anatomie générale de la Faculté de Médecine de Lyon.

([2]) H. Rathke, *Anatomie der* Idothea entomon *oder des Schachtwurmes* (*Neue Schriften der naturf. Gesellschaft in Danzig*, 1820; p. 109, *Pl. IV*, *fig.* 2).

internes, deux lobes antennaires qui envoient les nerfs des antennes externes, et deux lobes externes ou lobes optiques qui portent des nerfs pour les yeux. Le collier œsophagien est court, très épais et donne deux nerfs pour le labre (*nervi labii superioris*). Le ganglion sous-œsophagien, qui est petit, fournit trois paires de nerfs, comme chez les insectes : deux pour la lèvre inférieure (*nervi labii inferioris*), deux pour les mâchoires (*nervi maxillares*) et deux pour les mandibules (*nervi mandibulares*). Le troisième ganglion de la tête, que je propose de nommer *ganglion pédomaxillaire,* repose sur une lame particulière, la *lame pédomaxillaire* ([1]), et il donne une paire de nerfs pour les deux pattes-mâchoires (*nervi pedomaxillares*). Le tronc possède sept ganglions, c'est dire qu'il y a pour chaque anneau un ganglion. Le premier ganglion du tronc est très petit, plus grand toutefois que le ganglion pédomaxillaire; tous les autres ganglions du tronc ont le même volume. De chaque ganglion du tronc naît une paire de nerfs pour les pieds, des connectifs se détachent des nerfs pour les muscles et pour la peau de l'anneau, comme l'a décrit H. Rathke. Le ganglion pédomaxillaire ressemble en cela parfaitement aux ganglions du tronc, car il émet, outre les nerfs des pattes-mâchoires, deux autres nerfs pour la partie postérieure de la tête. Il semble, comme le montrent l'innervation et la présence d'un ganglion à part, que la partie postérieure de la tête de l'*Idothea* est un anneau thoracique soudé avec la tête. Celle-ci est donc un céphalothorax incomplet, mais toujours morphologiquement différent de la tête des insectes. Il y a quatre ganglions postabdominaux, beaucoup plus petits que les ganglions du tronc; le dernier est le plus grand, les autres ont le même volume. Le premier, le deuxième et le troisième ne donnent qu'une paire de nerfs pour les anneaux correspondants, tandis que le dernier émet quatre paires de nerfs. Il y a aussi un nerf sympathique, qui est représenté par un tronc impair, placé entre les connectifs de la chaîne ganglionnaire et interrompu par les ganglions, c'est-à-dire tout à fait le même que celui que Fr. Leydig ([2]) a décrit chez le *Porcellio scaber*. Déjà H. Rathke (*loc. cit.*) l'a vu, mais il ne l'a pas reconnu comme étant le sympathique. »

([1]) Ed. Brandt, *Ueber eine Cephalothoracalplatte des gemeinen Schachtwurmes* (*Idothea entomon*); Saint-Pétersbourg, 1877.

([2]) Fr. Leydig, *Vom Bau des thierischen Körpers*, Tübingen, 1864, p. 251, et *Tafeln zur vergl. Anatom., Pl. VI, fig. 7.*

HELMINTHOLOGIE. — *Sur la caducité des crochets et du scolex lui-même chez les Tænias.* Note de M. P. **Mégnin**, présentée par M. Ch. Robin.

« Dans une précédente Communication, j'ai émis l'assertion que l'état armé et l'état inerme, chez les Tænias, sont deux âges différents ou deux degrés différents de développement, que peut présenter le même parasite, soit successivement, s'il ne quitte pas le milieu qu'il habite jusqu'à son entier développement, soit en même temps si deux individus de même origine habitent des milieux différents au point de vue des matières nutritives qu'ils contiennent, et j'en donnai comme preuve l'origine commune du *Tænia pectinata* du lapin (Tænia inerme) et du *Tænia serrata* du chien (Tænia armé), du *Tænia perfoliata* du cheval (Tænia inerme) et du *Tænia echinococcus* du chien (Tænia armé), et enfin le résultat de nombreuses autopsies de chiens morts d'occlusion intestinale par des pelotes de *Tænia serrata*, pelotes composées de centaines d'individus de la même espèce et dans lesquelles se trouvaient confondus des Tænias armés et des Tænias inermes avec tous les degrés intermédiaires établissant le passage de l'un à l'autre.

» Les seules objections réellement sérieuses qu'on ait opposées à cette nouvelle manière de voir ont porté à peu près exclusivement sur le petit nombre des faits sur lesquels je m'appuie, car ces faits, on ne les a pas réfutés et l'on ne m'en a pas opposé de contradictoires.

» Aujourd'hui j'ai de nouvelles preuves, non seulement que l'état armé et l'état inerme sont deux états constants et successifs dans la même espèce de Tænia, états plus ou moins persistants suivant les circonstances, mais qu'il y a un troisième état tout aussi constant que les deux premiers auxquels il succède régulièrement : c'est l'état *acéphale*.

» L'état acéphale, chez les Tænias, est l'indice et la preuve de la cessation des fonctions d'un organe que l'on a, jusqu'à présent, regardé comme permanent et indispensable à la vie de l'individu; je veux parler du *scolex*, vulgairement appelé *tête*. Eh bien, le scolex est un organe transitoire au même titre que la vésicule hydatique; il n'est autre qu'un des nombreux moyens de multiplication dont la nature s'est montrée si prodigue dans le groupe des Tænias.

» Les Tænias, lorsqu'ils existent sous la forme de vésicule hydatique, forme qui succède à l'embryon infusiforme, se multiplient d'abord (ou

ont de la tendance à se multiplier) par dédoublement ou scissiparité (Échinocoque endogène ou exogène, *Cœnurus serialis* ou *polytuberculosus*, Cysticerque staphylocyste de M. Villot).

» Puis apparaît la membrane germinale, indice d'un deuxième mode de multiplication et de la cessation du premier. Ce nouveau mode, c'est la multiplication par scolex, véritables stolons armés de griffes fixatrices et de ventouses, qui entrent en action aussitôt que ces stolons, séparés de la vésicule mère par la destruction de celle-ci, arrivent au contact d'une muqueuse intestinale, ou, dans un certain cas, d'une séreuse péritonéale.

» A ce moment, ces scolex ou stolons deviennent le siège d'un troisième mode de multiplication : cette fois ce sont des bourgeons, poussant toujours au même point, celui qui est opposé au pôle porteur de la couronne de crochets, et ces bourgeons, restant adhérents les uns aux autres, donnent lieu à un chapelet ou *strobile* plus ou moins long.

» Après avoir émis ainsi des centaines de bourgeons, qui restent accolés bout à bout, comme les anneaux d'une chaîne, ceux-ci, s'alimentant par imbibition, grandissent, deviennent sexués hermaphrodites et un quatrième mode de multiplication commence : c'est la *multiplication ovipare*.

» La maturation des œufs coïncide, chez les Tænias, avec le détachement de l'anneau qui les porte, véritable sac rempli d'œufs et fermé de toutes parts, qui les met en liberté par sa mort et la destruction de son tissu.

» La maturation des œufs, chez plusieurs espèces de Tænias que j'ai observés, est le signe de la cessation des fonctions du scolex qui, à ce moment, cesse de produire des anneaux : son rôle est fini. Alors il se résorbe progressivement, perd d'abord ses crochets, puis ses ventouses qui s'effacent, diminue insensiblement de volume et finit par disparaître totalement. Le Tænia est alors littéralement *acéphale*, mais ses anneaux continuent à grandir, à se sexuer, à se remplir d'œufs et à se détacher successivement jusqu'au dernier.

» Ainsi finit naturellement le parasite.

» La durée de la vie des Tænias, et par suite celle des différentes phases par lesquelles il passe et que je viens d'indiquer, est sans doute très variable, suivant les espèces et surtout suivant le milieu dans lequel ils vivent. Ces phases paraissent relativement courtes chez les Tænias de certains oiseaux, et c'est précisément chez deux espèces de ces derniers que j'ai pu les suivre assez facilement : l'une appartient aux Gallinacés, c'est le *Tænia infundibuliformis;* l'autre aux Palmipèdes, c'est le *Tænia lanceolata*, tous deux décrits déjà par Gœze.

» Ces observations, jointes à celles que j'ai déjà faites sur certains Tænias de Quadrupèdes et celles que je poursuis et que je poursuivrai sur d'autres Cestoïdes, me permettront, j'espère, de généraliser la loi qui préside aux modifications qui se montrent dans les différentes phases du développement du strobile chez les Tænias des Gallinacés et des Palmipèdes.

» Dans tous les cas, on comprend que, à la suite de la constatation de ces faits, la caractéristique de l'espèce chez les Tænias, fondée exclusivement sur la présence ou l'absence des crochets, soit maintenant tout à fait insuffisante, et qu'un travail de revision dans la nomenclature de ces parasites soit devenu nécessaire. »

M. L. Godéfroy adresse une Note sur la transformation rapide d'un groupe de protubérances observées sur le bord oriental du Soleil.

M. J. Landerer adresse une Lettre par laquelle il réclame la priorité des idées émises par M. *L. Gaussin*, concernant l'arrangement des planètes.

M. Larrey, en présentant à l'Académie, de la part de M. *da Cunha Bellem*, de l'Académie royale des Sciences de Lisbonne, un Ouvrage portugais intitulé *La vie médicale au champ de bataille*, en donne sommairement l'analyse suivante :

« L'auteur rappelle d'abord l'influence de la Médecine militaire aux armées, depuis ceux qui l'ont honorée le plus. Il expose ensuite l'insuffisance des ressources matérielles, malgré les progrès de l'art et les moyens de secours, en présence des engins de plus en plus formidables de la guerre.

» Il passe en revue les inventions expérimentées déjà et celles qui sont encore à expérimenter, d'après l'Exposition universelle de Paris en 1878. Ces inventions comprennent les voitures et les brancards d'ambulance, ainsi que les tentes et les baraques, dans toutes leurs variétés.

» Il relate l'organisation et les travaux du Congrès international sur le service médical des armées en campagne, à savoir, notamment : la question des *soldats brancardiers*, la *répartition des places de secours*, la nécessité de l'*autonomie du corps médical* pour l'armée française, comme elle existe dans les armées des autres nations européennes, les meilleurs moyens de *transport des blessés*, l'*hospitalisation sur place* et les *moyens d'évacuation*, parmi lesquels les *voies ferrées* rendent de grands services, et enfin l'utile intervention des *Sociétés de secours*.

» L'auteur ajoute à l'examen de ces importantes questions l'exposé du service médical dans l'armée portugaise et rend hommage aux hommes qui ont le plus contribué à sa formation et à son développement. »

A 5 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 22 mars 1880.

Étude sur la ligature élastique; par le Dr A. Simon. Paris, Asselin, 1879; in-8°. (Présenté par M. Bouley pour le Concours Montyon, Médecine et Chirurgie, 1880.)

Les Insectes. Traité élémentaire d'Entomologie; par Maurice Girard. T. II, second fascicule, Paris, J.-B. Baillière, 1879; in-8°, avec Atlas.

Du mouvement psychique et du mouvement expressif; par M. J. Rambosson. Paris, Al. Picard, 1880; br. in-8°. (Présenté par M. le baron Larrey.)

Réflexions sur l'éducation physique et les mouvements corporels; par R. Schenström. Paris, A. Delahaye, 1880; br. in-8°. (Présenté par M. le baron Larrey.)

Etude historique et clinique sur la trépanation du crâne. La trépanation guidée par les localisations cérébrales; par le Dr J. Lucas-Championnière. Paris, V.-A. Delahaye, 1878; in-8°. (Présenté par M. le baron Larrey.)

Epuration et utilisation des eaux d'égout de la ville de Paris (presqu'île de Gennevilliers et forêt de Saint-Germain). Paris, V.-A. Delahaye, 1880; in-8°. (Présenté par M. Bouley.)

La médecine du Thalmud ou tous les passages concernant la Médecine. Extraits des vingt et un Traités du Thalmud de Babylone; par le Dr J.-M. Rabbinowicz. Paris, chez l'auteur, rue de Seine, n° 63, 1880; in-8°. (Présenté par M. Ch. Robin.)

Unification des travaux géographiques et géologiques. Mémoires et documents réunis à l'occasion du Congrès des sciences géographiques de 1875 à Paris; par Beguyer de Chancourtois. Paris, 1874; in-8° relié.

Transcription des noms géographiques en lettres de l'alphabet latin; par M. B. de Chancourtois. Paris, Martinet, 1878; br. in-8°.

Conférence sur l'unification des travaux géographiques; par M. B. DE CHANCOURTOIS. Paris, Impr. nationale, 1879; in-8°.

La Science pour tous, 1879; 24e année. Paris, aux bureaux du Journal, n° 21, rue du Croissant, 1880; in-4°. (Présenté par M. Jamin.)

A. M. DA CUNHA BELLEM. *Exposição universal de Paris* 1878; *a vida medica no campo de batalha*. Lisboa, impr. Sousa Neves, 1879; in-8°. (Présenté par M. le baron Larrey.)

Experimental researches on the regional temperature of the head under conditions of rest, intellectual activity and emotion; by J.-S. LOMBARD. London, H.-K. Lewis, 1879; in-8° relié.

Mittheilungen aus dem embryologischen Institute der K. K. Universität in Wien; von Dr S.-L. SCHENK; I Band. Wien, W. Braumüller, 1880; in-8°.

Raccolta di casi clinici delle malattie della pelle e sifilitiche curate nella clinica e dispensario, pubblicata per cura del cav. Dr C. MANASSEI. Roma, tipogr. Romana e tipogr. Ripamonti, 1876-1877; 2 vol. in-8° reliés. (Présenté par M. Ch. Robin.)